

Aus der Klinik für Kieferchirurgie und plastische Gesichtschirurgie  
Campus Benjamin Franklin  
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

**Distractionsosteogenese in der Unterkiefersymphyse**

zur Erlangung des akademischen Grades  
Doctor medicinae dentariae (Dr. med. dent.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von  
Alice Susanne Stephan  
aus Potsdam

Gutachter: 1. Prof. Dr. Dr. B. Hoffmeister

2. Prof. Dr. Dr. A. Hemprich

3. Prof. Dr. P.-G. Jost-Brinkmann

Datum der Promotion: 19.09.2008

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>1</b>
1.1	ZUR GESCHICHTE DER DISTRAKTION.....	1
1.2	BIOLOGIE DER DISTRAKTIONSOSTEOGENESE.....	2
1.3	DISTRAKTOREN .....	3
1.4	THERAPIE DER TRANSVERSALEN ENGE IM UNTERKIEFER .....	4
1.4.1	<i>Behandlungsmöglichkeiten.....</i>	4
1.4.2	<i>Mediane Distraction im Unterkiefer .....</i>	5
1.5	ZIELSETZUNG.....	5
<b>2</b>	<b>MATERIAL UND METHODE.....</b>	<b>7</b>
2.1	OP-TECHNIK UND DISTRAKTOR .....	7
2.2	KALLUSDISTRAKTION IN DER UNTERKIEFERSYMPHYSE.....	8
2.3	PATIENTEN .....	17
2.4	BEHANDLUNGSABLAUF .....	18
2.4.1	<i>Vorbehandlung.....</i>	18
2.4.2	<i>Intraoperativer Zugang und Applikation des Distraktors .....</i>	20
2.4.3	<i>Ablauf der Distraction.....</i>	24
2.4.4	<i>Nachbehandlung und Follow Up .....</i>	25
2.5	MODELLE .....	26
2.6	SUBJEKTIVE EINSCHÄTZUNG DER PATIENTEN .....	26
2.7	SUBJEKTIVE EINSCHÄTZUNG DER BETREUENDEN KIEFERORTHOPÄDEN .....	27
<b>3</b>	<b>ERGEBNISSE .....</b>	<b>28</b>
3.1	AUFSTELLUNG UND AUSWERTUNG ALLER PATIENTENDATEN .....	28
3.2	DIE PHASEN DER DISTRAKTION .....	30
3.3	ERGÄNZENDE OPERATIONEN ZUR DISTRAKTION .....	33
3.4	VERLAUF EINSCHLIESSLICH AUFGETRETENER KOMPLIKATIONEN .....	33
3.5	FALLBEISPIEL: UNTERKIEFERSYMPHYSENDISTRAKTION MIT VERTIKALEM KNOCHENEINBRUCH .....	34
3.6	ERGEBNISSE DER MODELLANALYSE .....	37
3.7	ERGEBNISSE DER SUBJEKTIVEN EINSCHÄTZUNG DER PATIENTEN.....	38
3.8	ERGEBNISSE DER SUBJEKTIVEN EINSCHÄTZUNG DER KIEFERORTHOPÄDEN.....	41
<b>4</b>	<b>DISKUSSION .....</b>	<b>42</b>
4.1	KIEFERORTHOPÄDISCHE VORBEHANDLUNG UND INTERDISZIPLINÄRE OPERATIONSPLANUNG .....	43
4.2	DIE INSERTION DES DISTRAKTORS UND DER ABLAUF DER DISTRAKTION .....	44
4.3	BEHANDLUNGSAALTERNATIVEN.....	45
4.4	INDIKATIONEN DER DISTRAKTION .....	47
4.5	RISIKEN UND KOMPLIKATIONEN.....	49
4.6	DISKUSSION DER ERGEBNISSE .....	51
4.7	AUSBLICK.....	53
<b>5</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG.....</b>	<b>55</b>

<b>6</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>56</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>LEBENS LAUF .....</b>	<b>63</b>
<b>9</b>	<b>DANKSAGUNG .....</b>	<b>64</b>
	<b>ERKLÄRUNG.....</b>	<b>65</b>

# 1 Einleitung

Bei der Distractionsosteogenese handelt es sich um eine Technik der Knochengewinnung, bei der durch Nutzung des körpereigenen Heilungsmechanismus autogener Knochen und Weichgewebe generiert wird. In der Unterkiefermedianen soll dieser Knochengewinn einen Platzmangel in der Unterkieferfront beseitigen.

Zahnengstand ist ein sehr häufiges Phänomen, das die Selbstreinigung der Zähne einschränken und die Zahnreinigung erschweren kann. Dies begünstigt die Retention von Zahnbelag und somit die Bildung von Karies und Parodontopathien (Hellwig 2003).

Zu den allgemeinen Folgen von Dysgnathien können eine Verschlechterung der Kaufunktion sowie Störungen der Kiefergelenksfunktion gehören. Der oft mit der Angle-Klasse II verbundene starke Überbiss kann zu einer Traumatisierung der Schleimhaut führen und eine große sagittale Stufe erhöht signifikant die Wahrscheinlichkeit eines Frontzahntraumas. Des Weiteren werden Zahnfehlstellungen und Veränderungen des Gesichtsprofils als ästhetisch unvorteilhaft bewertet (Sergl, Zentner 2000). MacGregor konstatierte 1970 sogar, dass Menschen mit kleinen Makeln im Gesicht oft gehänselt würden und daraus resultierend mit einer starken psychischen Belastung zu kämpfen hätten.

Im Rahmen einer kombiniert orthodontisch-kieferchirurgischen Behandlung wurden 19 Patienten mit einem Distraktor in der Unterkiefersymphyse therapiert.

Ziel der Arbeit war es, die Ergebnisse der behandelten Fälle herauszuarbeiten und darzustellen.

## 1.1 Zur Geschichte der Distraction

Das Verfahren der Osteodistraction als Möglichkeit zur Knochenverlängerung wurde wahrscheinlich zum ersten Mal 1904 von Alessandro Codivilla am Femur beschrieben, der somit die Verlängerung eines Beines erzielte (Codivilla 1994). Dabei vollzog er die Distraction in nur einer Sitzung. Zum entscheidenden Durchbruch verhalf der russische Orthopäde Gavril A. Ilizarov der modernen Distraction seit den 50er Jahren (Paley 1988), indem er die Technik der Kallusdistraction durch seine Forschungen entscheidend weiterentwickelt und bekannt gemacht hat. Er stellte die Bedeutung wichtiger Parameter wie Distractionrate und -rhythmus sowie die stetige Zunahme der Zugspannung fest und fand heraus, dass die starre Fixierung der Segmente, der Erhalt des Knochenmarks und eine ausreichende Blutversorgung wichtige Faktoren zum Erfolg darstellen. Weiterhin konnte er in histologischen Untersuchungen beweisen, dass es nicht

nur zu einer Knochenneubildung sondern auch zu einer Histioneogenese, der Neubildung von Weichgewebe, kommt (Ilizarov 1989/Jan; Ilizarov 1989/Feb).

In der Orthopädie liegen die Indikationen zur Distraction bei kongenitalen Längenunterschieden von Extremitäten, Minderwuchs oder zur Überbrückung von Knochendefekten unterschiedlicher Genese (Bail 2004).

Dass dieses Prinzip auch im Unterkiefer anzuwenden ist, demonstrierte Snyder am Hund (Snyder 1973) ebenso wie Michieli und Miotti 1977, doch erst durch zahlreiche experimentelle und klinische Studien Anfang der 90er Jahre von McCarthy etablierte sich die Distractionsteogenese als Methode zur Korrektur kraniofazialer Fehlbildungen (McCarthy et al. 1992). Im Unterkiefer stellen ein transversales Defizit des Unterkiefers und frontaler Zahnengstand die Indikationen zur Distraction in der Medianen dar. Sie wird seit den 90er Jahren (Guerrero 1990) eingesetzt.

Komuro et al. wiesen 1994 anhand histologischer Untersuchungen bei Distractionen der Kaninchenmandibula nach, dass im distrahierten Bereich nach acht bis zehn Wochen eine reife Kortikalis vorlag und eine intramembranöse und enchondrale Ossifikation stattgefunden hatte. Publikationen zur experimentellen und klinischen Anwendung der Osteodistraction im Bereich des Mittelgesichtes erschienen Ende der 90er Jahre (Glat, McCarthy 1999; Fairley et al. 1999). Weite Anwendung fand in den letzten Jahren die vertikale Distraction im Alveolarbereich (Bernstein et al. 2006).

## **1.2 Biologie der Distractionsteogenese**

Die Distractionsteogenese ist die Knochenneubildung, die zwischen zwei vaskularisierten zuvor osteotomierten Knochenoberflächen durch schrittweises Auseinanderbewegen erfolgt (Aronson 1999).

Durch das schrittweise und kontrollierte Dehnen bildet sich neuer Knochen. Im umliegenden Weichgewebe kommt es zu einer Adaptation. Dies bedeutet, dass sowohl die Haut und das subkutane Gewebe als auch Nerven, Sehnen und Muskeln mitgedehnt und neu gebildet werden.

So findet nicht nur eine adaptive Antwort der betroffenen Knochensegmente sondern auch aller umgebenden Gewebe statt. Es entsteht somit autogener Knochen.

Histologisch gesehen bildet sich parallel zum Zugvektor neuer Knochen, der in seinen Zügen sowohl der desmalen als auch der chondralen Ossifikation ähnelt, aber nicht identisch ist (Ilizarov 1989/Jan).

Im Anschluss an die Osteo- oder Kortikotomie bildet sich Granulationsgewebe aus, das pluripotente mesenchymale Stammzellen enthält. Diese differenzieren unter Druck in knorpeligen beziehungsweise unter Zug in bindegewebigen Kallus. Der Einfluss der Zugspannung übt dabei eine entscheidende Wirkung auf das weitere Wachstum und die Differenzierung aus (Aro 1999). Die neovaskuläre Erschließung des Distraktionskallus ist zehnmal höher als die eines Bruchspaltkallus und sorgt für eine bessere Oxygenierung des Gewebes.

Das umgebende Weichgewebe wird nicht durchtrennt sondern nur gedehnt. Die Vermehrung des Gewebes bei diesem Vorgang, der als Distraktionshistiogenese bezeichnet wird, geschieht entweder durch Regeneration oder Neohistiogenese infolge einer allgemeinen Zellvermehrung und Wachstums (Kessler, Wiltfang, Schön 2002).

### **1.3 Distraktoren**

Bei den Distraktoren im Mund-Kiefer-Gesichtsbereich wird zwischen extra- und intraoralen Applikationstypen unterschieden.

Extraorale Distraktoren haben sich als wirksam erwiesen, sind aber mit einigen Nachteilen behaftet. Komplikationen wie Knochen- oder Hautnekrosen können genauso auftreten wie Vernarbungen und Infektionen (Aronson 1994). Des Weiteren ist der Tragekomfort sehr viel geringer als bei intraoralen Geräten, allerdings gestaltet sich die Applikation und Entfernung recht einfach. Im Gegensatz zu den intraoralen Distraktoren werden extraoral auch bi- oder multidirektionale Apparaturen angewendet. Somit liegen die Hauptindikationen bei multidirektionalen Distraktionsprozessen (Cope et al. 1999), bei Strecken über 15mm, sowie bei der Säuglingsdistraktion (Kessler et al. 2002).

Die Applikation intraoraler Distraktoren erfordert zwar einen höheren chirurgischen Aufwand, beim Tragen zeichnen sie sich jedoch dadurch aus, dass sie von extraoral kaum wahrzunehmen sind und der Patient sich mühelos im Alltag sozial integriert fühlt. Dabei gibt es zahngetragene, knochengetragene und hybride Varianten. Bei den hybriden Geräten erfolgt sowohl eine Befestigung an den Zähnen als auch am Knochen. In experimentellen Studien am Hund zur Weitung des Unterkiefers stellten Hollis et al. 1998 fest, dass es bei der Anwendung eines zahngetragenen Distraktors zu einer disproportionalen Dehnung bzw. Zahnkippen kommt. Diese disproportionale Dehnung, die vorwiegend dental ist, wurde auch von anderen Autoren bestätigt (Guerrero 1997, Weil 1997). Im Gegensatz dazu zeigte Bell 1999 im Tierversuch, dass der Einsatz eines knochengetragenen Distraktors in der Unterkiefersymphyse zu einer

proportionalen Dehnung führt. Ein weiterer genereller Faktor, der für den Erfolg der Distraction von Bedeutung scheint, ist die Starrheit des Distraktors für eine stabile Fixierung der Knochensegmente (Aro 1999). Neu in der Anwendung ist ein hydraulischer Distraktor, der eine kontinuierliche Distraction statt der bisher intermittierenden erlaubt (Kessler, Wiltfang, Schön 2005). Von der klinischen Anwendung eines automatischen Distraktors liegt bisher nur ein einzelner Fallbericht vor (Bertele et al. 2005).

## **1.4 Therapie der transversalen Enge im Unterkiefer**

Bei der transversalen Enge kommt es zu einem Platzmangel für die bleibenden Zähne. Ist sie bedingt durch ein Missverhältnis zwischen Zahn- und Kiefergröße, so handelt es sich um einen primären Engstand. Sind die Zähne in Relation zum Kiefer zu groß bzw. die apikale Basis in Relation zu den normal großen Zähnen zu klein, dann spricht man von einem Schmalkiefer oder einer Kompression (Kahl-Nieke 2001).

### **1.4.1 Behandlungsmöglichkeiten**

Zur Beseitigung eines Engstandes der Unterkieferfront stehen dem Behandler mehrere Therapiemöglichkeiten zur Verfügung. Eine häufig angewendete Methode ist die Extraktion von bleibenden Zähnen. Dabei werden meist die Prämolaren extrahiert, in seltenen Fällen auch ein oder zwei Schneidezähne (Riedel, Little, Bui 1992; Göz 2002).

Langzeituntersuchungen zur Prämolarenextraktion ergaben, dass keine eindeutig stabilen Ergebnisse erzielt werden konnten. Sowohl Zahnbogenlänge als auch Zahnbogenweite nahmen ab, während der Engstand zunahm (Little 1981, Kahl-Nieke 1996).

Die dentale Dehnung wird gerne bei jungen Patienten durchgeführt, da die Therapie mit funktionskieferorthopädischen Geräten relativ stabile Ergebnisse zeigt (Fränkel 1974; Hime and Owen 1990; Nevant 1991; Osborn, Nanda, Currier 1991). Bei Erwachsenen hat sich die Weitung der Mandibula jedoch als instabil gezeigt und neigt zu Rezidiven (Kahl-Nieke 1996; Little et al. 1990). Die dabei erzielte skelettale Expansion ist unwesentlich und das Ergebnis nicht als erfolgreich zu betrachten (McNamara 1984).

Eine weitere Maßnahme bei Zahnengstand bietet die approximale Schmelzreduktion (ASR). Diese ist bei mildem bis mäßigem Engstand indiziert, wenn eine transversale Dehnung der Kieferbasis nicht erwünscht ist und der Platzgewinn durch eine Extraktion größer als benötigt wäre (Ley, Müller-Hartwich, Jost-Brinkmann 2005).

### **1.4.2 Mediane Distraction im Unterkiefer**

Bei der Distraction in der Unterkiefersymphyse handelt es sich, im Gegensatz zu den unter 1.4.1 aufgeführten Behandlungsmethoden, um ein operatives Verfahren.

Die Umsetzung dieser Technik erfolgt mittels eines Distraktors. Dieser kann nach Osteotomie dental oder am Knochen befestigt werden. Durch Drehen einer Schraube bewegen sich die Teile der Apparatur auseinander und damit auch die verankerten Gewebe.

Über die intraorale Distraction zur Weitung der Mandibula berichten Cesar A. Guerrero und Gisela Contasti aus Venezuela seit 1997. Sie verwenden sowohl zahn- als auch knochengetragene Apparaturen.

Von der erfolgreichen Anwendung mittels dentaler Verankerung bei experimentellen Versuchen an Hunden berichten Bell et al. 1997. Dabei kommen sie ebenso wie Hollis et al. 1998 zu dem Ergebnis, dass dabei disproportionale Bewegungen mit einer überwiegenden dentalen Bewegung stattfinden. Vergleichend konnten Block et al. 1997 bei Oberkieferdistractionen an Tieren feststellen, dass eine skelettale Fixierung erfolgreicher war als die dentale.

Dass es bei der Weitung der Mandibula durch intraorale Distraction nicht zu einem Verlust der Beißkraft kommt, sondern diese sogar geringfügig zunimmt, fanden Alkan et al. 2006 heraus.

### **1.5 Zielsetzung**

Die Distractionsosteogenese in der Unterkiefersymphyse ist eine Methode zur Beseitigung eines Unterkieferfrontzahnengstandes sowie eines mandibulären, transversalen Defizites. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Verlauf und die klinischen Ergebnisse darzustellen und herauszuarbeiten, ob die Distractionsosteogenese bei richtiger Indikation als ein Erfolg betrachtet werden kann. Hierzu wurden folgende Aspekte berücksichtigt:

Es stellt sich die Frage, wie sich die technische Durchführbarkeit der Distractionsosteogenese in der Unterkiefersymphyse region gestaltet und welche Komplikationen auftreten können. Dabei müssen sowohl operative Risiken als auch Komplikationen während des weiteren Behandlungsverlaufes berücksichtigt werden. Darüber hinaus soll geprüft werden, welchen Vorteil diese Technik im Vergleich mit bisher üblichen Vorgehensweisen beinhaltet und wann sie indiziert ist.

Da es sich um eine Zusammenarbeit von Kieferchirurg, Patient und Kieferorthopäde handelt, tragen die subjektiven Einschätzungen der Behandlung durch die beiden Letztgenannten zur Beurteilung des Gesamterfolgs bei. Daher sollten diese erfasst werden und die sich daraus

ableitenden Resultate gegebenenfalls zu weiteren Empfehlungen bei künftigen Behandlungen führen.

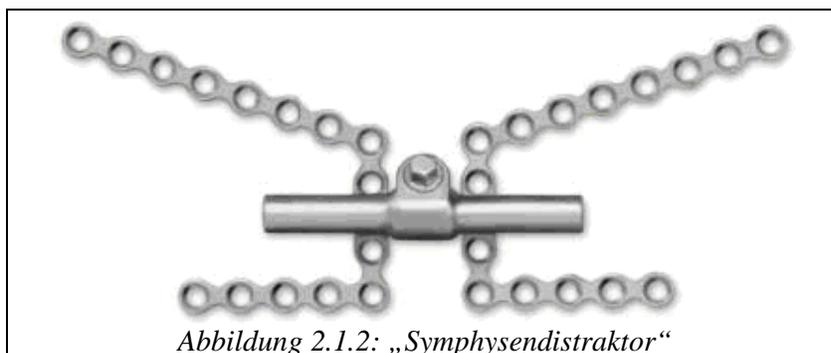
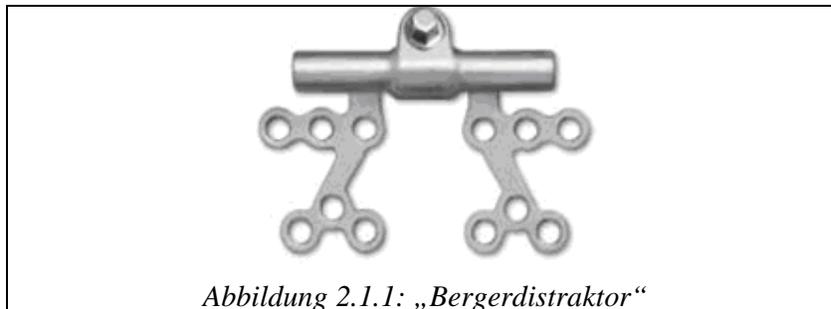
## 2 Material und Methode

Im Rahmen einer kombiniert orthodontisch-kieferchirurgischen Behandlung wurden an der Klinik für Kieferchirurgie und plastische Chirurgie am Campus Benjamin Franklin (CBF) der Charité - Universitätsmedizin Berlin vom Jahr 2000 bis einschließlich dem Jahr 2006 insgesamt 19 Patienten mit einem Distraktor in der Unterkiefersymphyse versorgt und der Verlauf mindestens ein Jahr lang weiterverfolgt.

Die Behandlung erforderte von Beginn an eine enge Kooperation mit den betreuenden Kieferorthopäden, die anschließend die Nachbehandlung durchführten.

### 2.1 OP-Technik und Distraktor

Bei den verwendeten Distraktoren handelt es sich in allen Fällen um die paramedialen Mandibulardistraktoren der Firma Martin, die ebenso wie die Schrauben aus Titan hergestellt sind und eine Distraktionsstrecke von 10 (Abbildung 2.1.1) beziehungsweise 15 mm (Abbildung 2.1.2) erlauben. Die Geräte sind starr und unidirektional.



Den zentralen Teil bildet der zylindrische Körper mit einem länglichen Gleitloch und der Aktivierungsschraube in der Mitte der Front. Durch das Drehen mit dem passenden Sechskantschlüssel wird bei einer Drehung von 360° eine Distraction von 0,2mm erzielt.

Zwei kaudale, und bei dem in Abbildung 2.1.2 dargestellten Typ zusätzlich zwei kraniale, 0,6mm Mikroosteosyntheseplatten bilden die Distraktorarme, die durch 8-10 selbstschneidende, monokortikale, selbsthaltende Vierkantmikroschrauben mit einem Durchmesser von 1,5mm und 3,5mm Länge (Centre Drive®) der Befestigung am Unterkieferknochen dienen.

Da in allen Fällen eine rein knochengetragene Apparatur erwünscht war, wurden in Vorbereitung zur Insertion gegebenenfalls die beiden kranialen Distraktorarme des Symphysendistraktors gekürzt. Die gute Biegsamkeit der Arme mittels zweier Biegezangen erleichtert eine einfache Adaptation an die individuelle Anatomie der Mandibula.

## ***2.2 Kallusdistraction in der Unterkiefersymphyse***

Zielsetzung der vorliegenden Arbeit war, die Durchführbarkeit und Indikation der Distractionosteogenese in der Unterkiefersymphyse darzustellen und zu beurteilen.

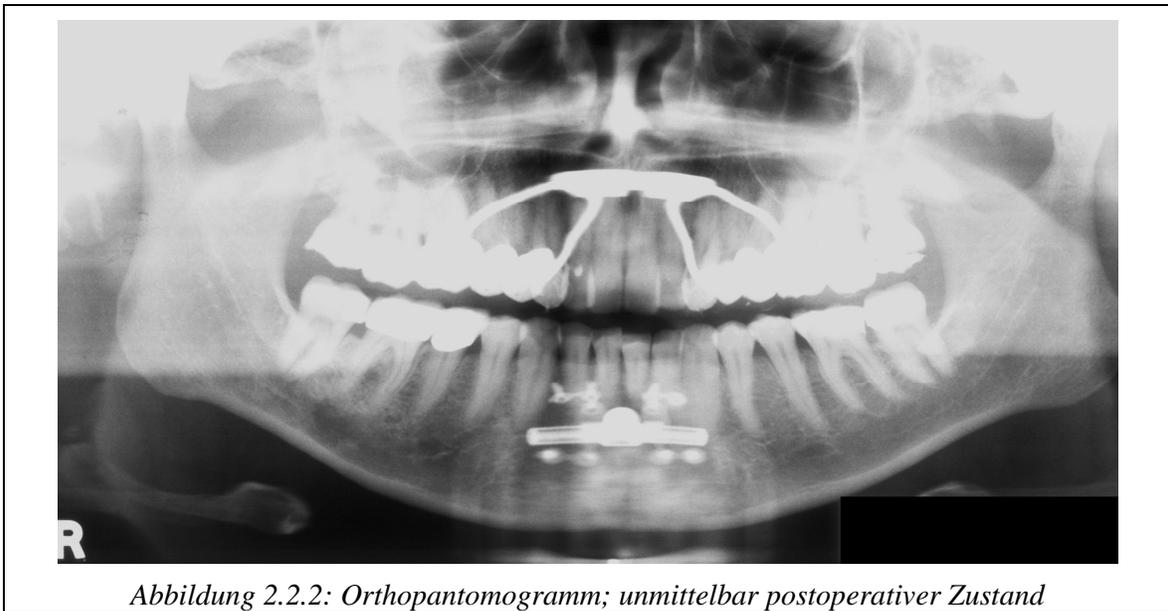
Zum besseren Verständnis wird der Vorgang hierzu anhand einer zum Zeitpunkt der Operation 39-jährigen Patientin dargestellt.

Im Folgenden dienen Panoramaschichtaufnahmen zur Dokumentation des Behandlungsablaufes. Bei Abbildung 2.2.1 handelt es sich um die Darstellung des präoperativen Zustandes, bei der die entstehenden Unterkieferfrontzähne zu beachten sind.

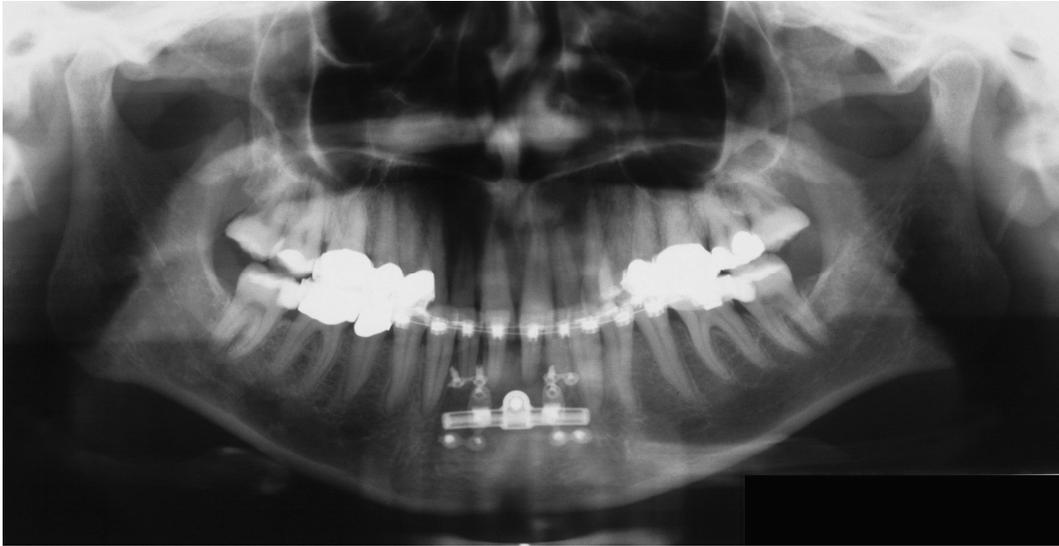
Nach Einsetzen des Distraktors ist der Osteotomiespalt erkennbar, ebenso wie die gleichzeitig eingesetzte Gaumennahterweiterungsapparatur im Oberkiefer (Abbildung 2.2.2).



*Abbildung 2.2.1: Orthopantomogramm; präoperativer Zustand*



*Abbildung 2.2.2: Orthopantomogramm; unmittelbar postoperativer Zustand*

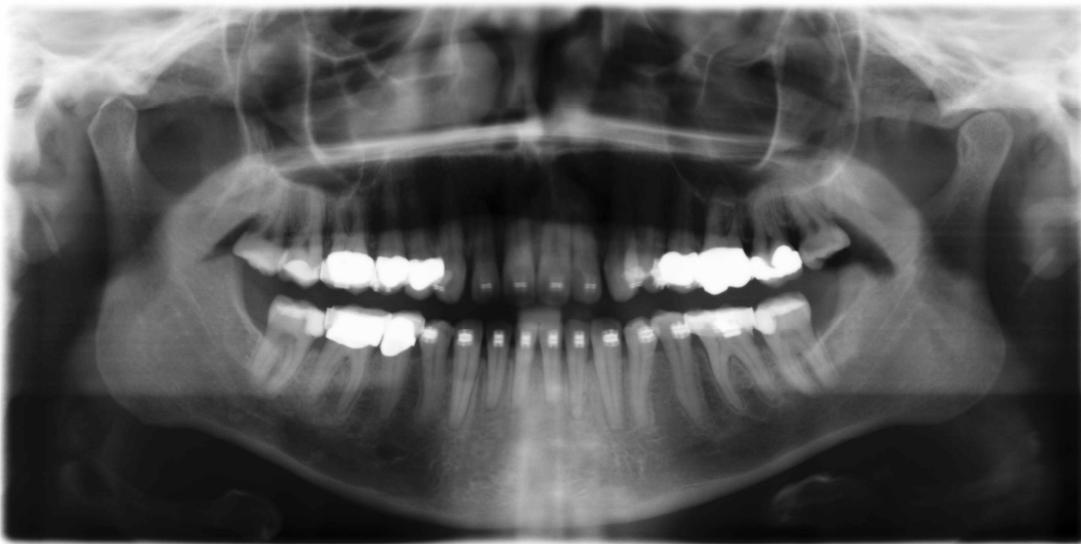


*Abbildung 2.2.3: Orthopantomogramm; Zustand nach Ende der Retentionszeit*

Am Ende der Retentionszeit ist der Osteotomiespalt nicht mehr erkennbar, der Abstand zwischen den Zähnen 31 und 41 hat sich gleichmäßig verbreitert (Abbildung 2.2.3), was das Orthopantomogramm nach Entfernung des Distraktors ebenfalls bestätigt (Abbildung 2.2.4). Auf dieser Röntgenaufnahme zeigt sich auch die Verknöcherung des Distraktionsspalt. In der Abbildung 2.2.5 ist röntgenologisch kein Unterschied zwischen distrahierendem und umgebendem Gewebe zu erkennen. Der Platzgewinn im Bereich der Unterkieferfrontzähne wurde genutzt, um den Zahnbogen zu harmonisieren und der Platz so verteilt, dass die Zähne 31 und 41 in die Lücke hineinbewegt wurden.



*Abbildung 2.2.4: Orthopantomogramm; Zustand nach Entfernung des Distraktors*



*Abbildung 2.2.5: Orthopantomogramm; Kontrollbild 1 Jahr nach Einsetzen des Distraktors*

Der klinische Verlauf wird in Fotos festgehalten. Intraoralfotoaufnahmen dienen dazu, die Zähne und das marginale Parodontium gut zu dokumentieren. Dabei halten Anfangsfotos, intraoral aufgenommen, die Ausgangssituation vor Einsetzen des Distraktors fest.



*Abbildung 2.2.6: Unterkiefer; Ausgangszustand*



*Abbildung 2.2.7: Ausgangszustand von frontal*

Nach Abschluss der Distraktionsphase ist ein Spalt zwischen den beiden mittleren Inzisivi entstanden (Abbildung 2.2.8). In der Abbildung 2.2.9 ist zusätzlich die Lücke im Oberkiefer zu erkennen, die durch die simultan eingesetzte Gaumennahterweiterungsapparatur entstanden ist.



*Abbildung 2.2.8: Unterkiefer; ein Monat nach Ende der Distraction*



*Abbildung 2.2.9: Zustand ein Monat nach Ende der Distraction*

Die Abbildung 2.2.10 und Abbildung 2.2.11 dokumentieren die Situation nach Abschluss der Behandlung. Der Distraktor wurde entnommen und die Wundheilung ist abgeschlossen. Eine transversale Erweiterung sowie ein harmonischer Zahnbogen sind deutlich zu erkennen (Vergleich hierzu Abbildung 2.2.6). Des Weiteren wurde eine physiologische Okklusion erzielt.



*Abbildung 2.2.10: Unterkiefer; nach Abschluss der Behandlung*



*Abbildung 2.2.11: nach Abschluss der Behandlung*

Zur Dokumentation des Einflusses der Behandlung auf das gesamte Gesicht dienen Enface- und Profilfotoaufnahmen. Bei den vorliegenden Profilfotos ist eine Veränderung zwischen dem Bild vor (Abbildung 2.2.12) und dem Bild bei Abschluss der Behandlung (Abbildung 2.2.13) offensichtlich.



*Abbildung 2.2.12: Foto im Profil links vor Beginn der Behandlung*



*Abbildung 2.2.13: Foto im Profil links nach Abschluss der Behandlung*

### **2.3 Patienten**

In einer retrospektiven Verlaufsstudie wurde die Behandlung von insgesamt 19 während der Jahre 2000 bis 2006 operierten Patienten untersucht. Die Auswahl betraf alle in der Unterkiefersymphyse distrahierten Patienten, wobei 18 anfänglich eine Angle-Klasse II in unterschiedlicher Ausprägung hatten. Bei einem Patienten lag eine habituelle Klasse III vor. In der sagittalen Bisslage war also in 18 Fällen ein Distalbiss vorhanden, in einem Fall ein Mesialbiss. Bei 16 Patienten lag eine Klasse II/1 vor, bei zwei Patienten eine Klasse II/2. Bei 16 Patienten bestand eine Kompression beider Kieferbasen, während lediglich bei zwei Patienten eine rein mandibuläre Kompression vorlag. Bei einem Patienten lag nur eine maxilläre Kompression vor. 16 Patienten waren von einem frontalen Engstand betroffen.

Das Altersspektrum zur Zeit der OP lag zwischen 16,8 und 47,5 Jahren, bei einem Durchschnittsalter von 31,4 Jahren. Acht der Patienten waren männlich. Alle Patienten wurden

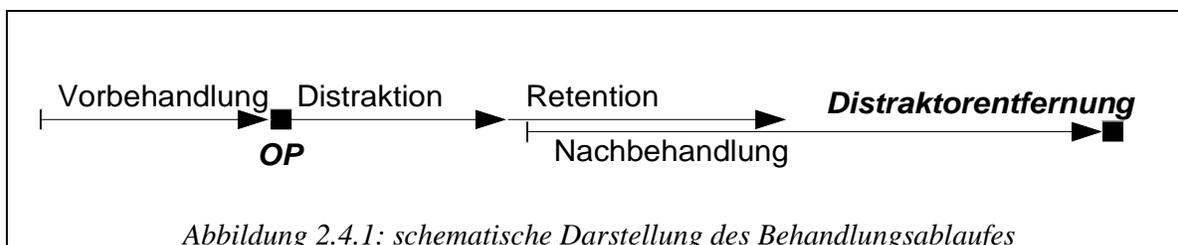
von außeruniversitären Kieferorthopäden an die Klinik für Kieferchirurgie und plastische Chirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité - Universitätsmedizin Berlin überwiesen und von diesen auch durchgängig betreut.

## **2.4 Behandlungsablauf**

Nach Stellung der Behandlungsindikation überweist der Kieferorthopäde den Patienten in das Universitätsklinikum Benjamin Franklin (UKBF). Dort wird bei stationärem Aufenthalt der Distraktor von einem Facharzt für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie eingesetzt. Nach der Entlassung wird die Distraction durch den Kieferorthopäden und/ oder die kieferchirurgische Ambulanz überwacht. Schon während der knöchernen Konsolidierung wird mit der Nachbehandlung in Form einer Multibracketbehandlung begonnen und die Lücke dabei langsam geschlossen. Auch nach Entfernung des Distraktors wird die kieferorthopädische Behandlung fortgeführt. Gegebenenfalls erfolgt eine weitere Operation – z.B. eine Vorverlagerung des Unterkiefers – bevor die Behandlung mit Vorliegen einer physiologischen Okklusion und eines harmonischen Zahnbogens abgeschlossen wird. Im Anschluss an die Behandlung wird ein Retainer getragen.

Abbildung 2.4.1 erläutert den allgemeinen Behandlungsablauf: Die Vorbehandlung erstreckt sich von dem Erstbesuch des Patienten beim Kieferorthopäden bis zur Applikation des Distraktors. Nach Beendigung der aktiven Distraction erfolgt die Retention während der bereits mit der kieferorthopädischen Nachbehandlung begonnen wird. Dabei ist die Apparatur immer noch in situ und wird erst mit Ende der Retentionsphase entfernt. Die Nachbehandlung hingegen verläuft noch über die Entfernung des Distraktors hinaus.

Eine genauere Beschreibung der einzelnen Phasen erfolgt in Abschnitt 2.4.3.



### **2.4.1 Vorbehandlung**

Die Vorbehandlung, die durch den Kieferorthopäden erfolgt, umfasst Anamnese, Befund, Diagnose, Planung und Behandlung.

Bei der Anamnese muss neben den gesundheitlichen Aspekten die Compliance des Patienten eingeschätzt werden, und auch die berufliche Situation muss geklärt sein, um behandlungsbedingte Ausfälle besser einordnen zu können.

Nach klinischer Untersuchung erfolgt die Röntgendiagnostik in der Panoramaschichtaufnahme und im Fernröntgenseitenbild mit kephalometrischer Analyse. Weiterhin wird ein Photostatus erstellt, der die Patienten von vorne und im Profil erfasst. Die Weichteilanalyse berücksichtigt Verschiebungen der Mittellinie, asymmetrische Veränderungen, Lageveränderungen der Kieferbasen und das Wechselspiel von Zähnen und Lippen. Aus Abdrücken des Ober- und Unterkiefers werden Gipsmodelle hergestellt, die zur Modellanalyse dienen. Die gesamten Auswertungen führen zu einer Diagnose, die eine kieferorthopädisch-chirurgisch kombinierte Behandlung als Therapievoranschlag beinhaltet. Nachdem sich der Patient in der Dysgnathiesprechstunde der kieferchirurgischen Ambulanz vorgestellt hat, wird über das chirurgische Vorgehen entschieden. Vor Beginn der Operation müssen gegebenenfalls die Mundhygiene sowie die parodontale Situation optimiert werden.

## 2.4.2 Intraoperativer Zugang und Applikation des Distraktors

In Intubationsnarkose wird Lokalanästhetikum (Xylocain 1% / Adrenalin 1:200000) submukös in das anteriore Unterkiefervestibulum sowie in den anterioren Mundboden appliziert.

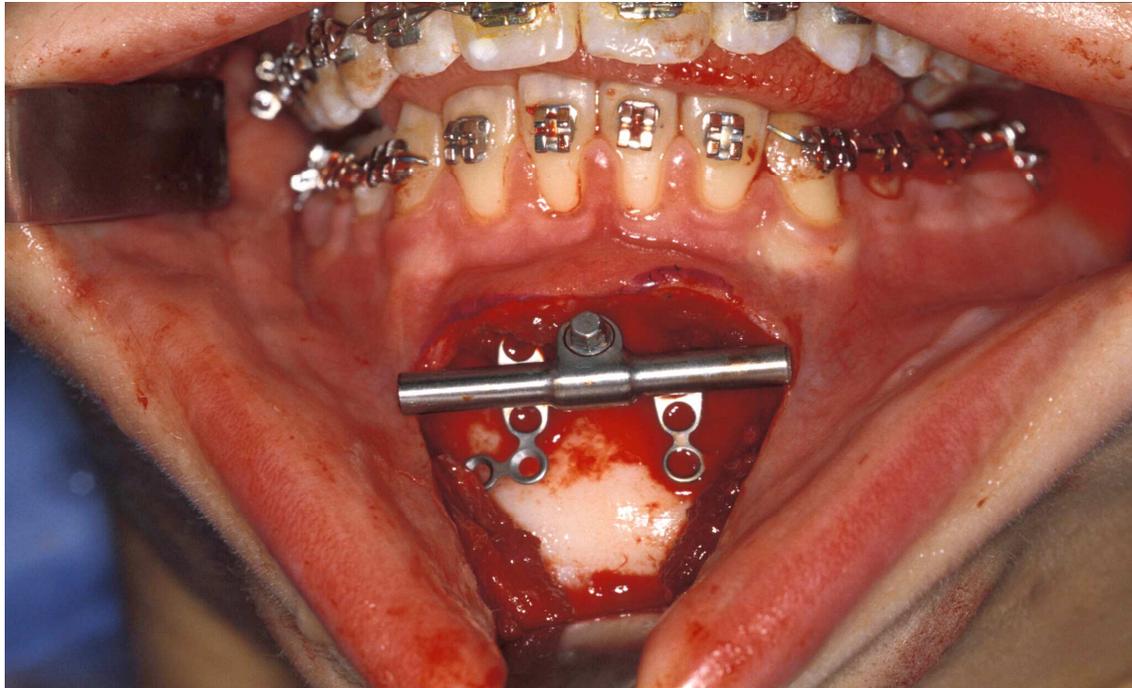


*Abbildung 2.4.2: Markierung der Inzisionslinie*

Von Regio 33 nach 43 erfolgt im Vestibulum die Inzision sowie die subperiostale Präparation der beweglichen Mukosa (Abbildung 2.4.2 zeigt die Markierung der Inzisionslinie an).

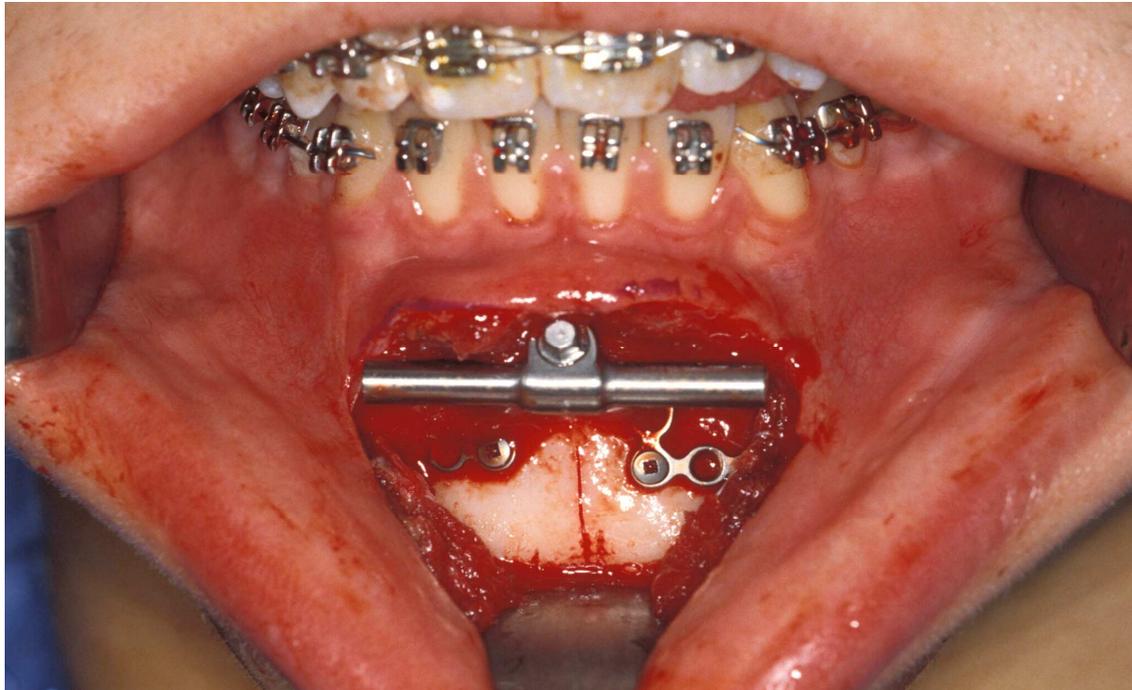
Dabei wird das Corpus mandibulae bis zum kaudalen Unterkieferrand und kranial bis auf Höhe der attached Gingiva dargestellt und diese vorsichtig nach kranial mobilisiert.

Der Distraktor wird der anterioren Mandibulakontur angepasst und temporär möglichst in der Medianebene bzw. parallel zur Okklusionsebene so fixiert, dass dieser mittig der Mandibula zu liegen kommt und der Dehnungszylinder epigingival liegt (Abbildung 2.4.3).



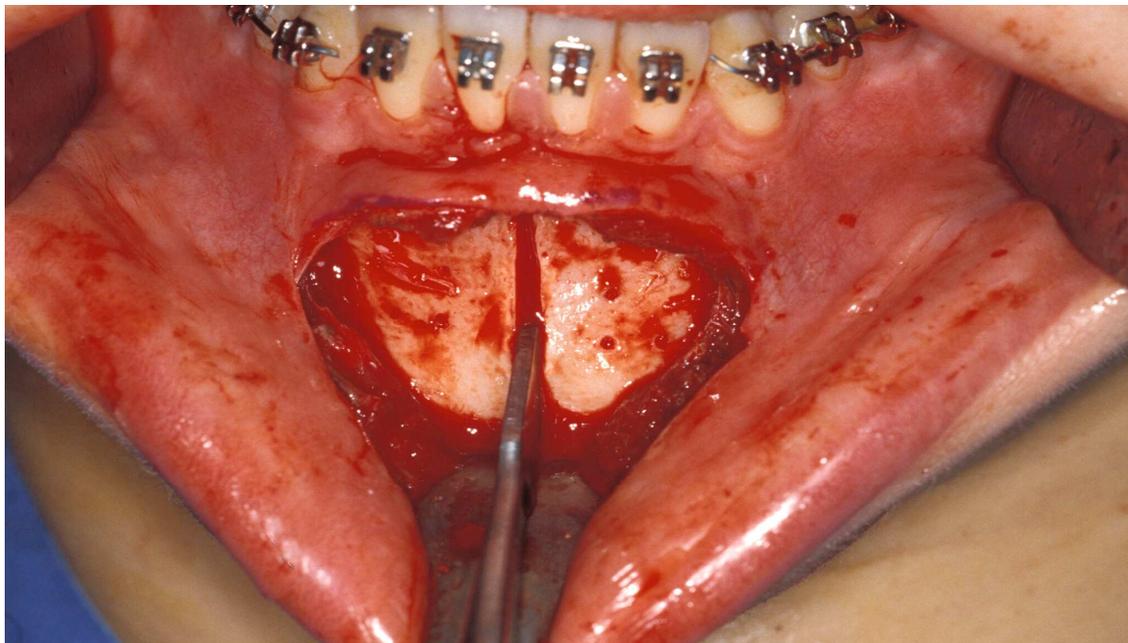
*Abbildung 2.4.3: Positionierung des Distraktors vor Osteotomie*

Mit der oszillierenden Säge ist nun die Osteotomielinie zu markieren. Anschließend werden die osteotomiefern Löcher mit dem Winkelbohrer eingebracht. Nach Kontrolle der Distraktorfunktion erfolgt das Zurückdrehen der Distraktorspindel und eine vorläufige Fixierung durch jeweils zwei 3,5 mm lange Titanschrauben auf den beiden kaudalen Distraktorarmen (Abbildung 2.4.4).



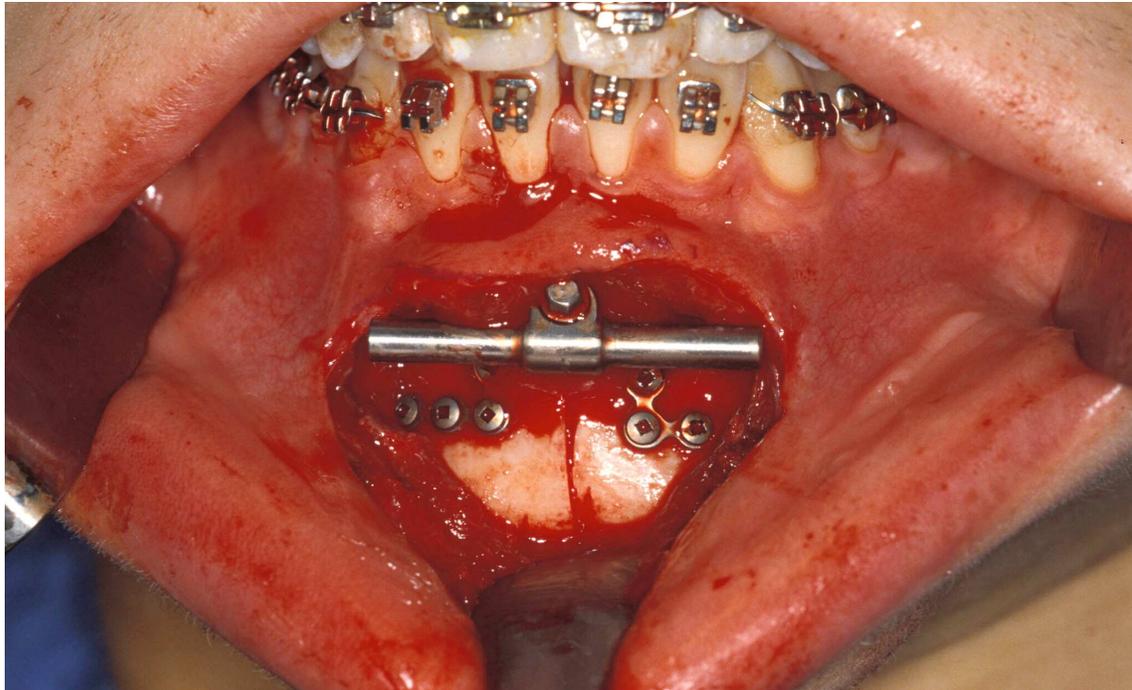
*Abbildung 2.4.4: vorläufige Fixierung des Distraktors*

Nach Entfernung der Schrauben wird das Corpus mandibulae im Bereich der Medianen kaudal der Wurzelspitzen zunächst mit einer oszillierenden Säge osteotomiert. Mit dem Meißel wird die Osteotomie abgeschlossen, und es folgt die vorsichtige Mobilisierung der Fragmente unter Schonung der oralen Mukosa und des Periostes.



*Abbildung 2.4.5: Mobilisierung der Mandibulahälften*

Die Apparatur wird vorläufig entfernt und die beiden Mandibulahälften werden mobilisiert (Abbildung 2.4.5). Ein optischer Ausschluss von Zahnwurzelbeschädigungen muss durchgeführt werden. Die Reinsertion des Distraktors erfolgt nun mit Befestigung durch Osteosyntheseschrauben in den ursprünglichen Bohrlöchern. Der Distraktor wird zur Überprüfung der einwandfreien Funktion probeweise auf 2-3mm aktiviert und anschließend in seine Ausgangsposition so zurückgestellt, dass die UK-Segmente maximalen Kontakt haben (Abbildung 2.4.6).

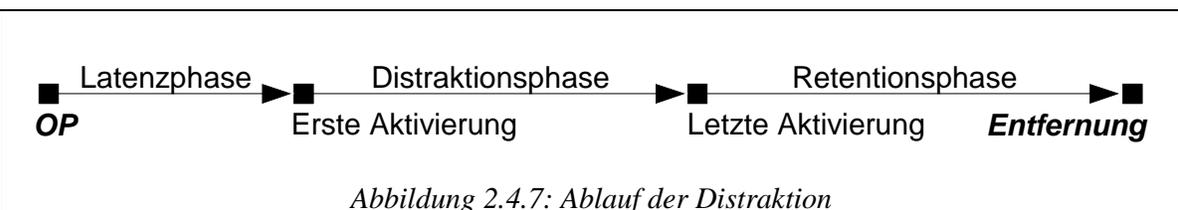


*Abbildung 2.4.6: Distraktor in situ*

Der Verschluss der Wunde erfolgt unterhalb des Dehnungszylinders, der damit epigingival zu liegen kommt. Die Operationsdauer beträgt in etwa 30 Minuten.

### **2.4.3 Ablauf der Distraktion**

Der Ablauf der eigentlichen Distraktion wird in mehrere Abschnitte unterteilt. Diese sind die Latenz-, Distraktions- und Retentionsphase sowie abschließend die Entfernung des Distraktors (Abbildung 2.4.7). Die Beschreibung der Phasen erfolgt in Tabelle 1.



*Abbildung 2.4.7: Ablauf der Distraktion*

*Tabelle 1: Phasen der Distraction*

<i>Phase</i>	<i>Details</i>
Latenzphase	Sie reicht vom Zeitpunkt der Insertion des Distraktors bis zur Aktivierung der Apparatur.  Sie dient, um eine primäre Weichgewebsheilung zu erzielen (Guerrero et al. 2000) und eine gute Kollagenfaserbildung sicherzustellen (Contasti, Guerrero et al. 2001).
Distraktionsphase	Zeitraum zwischen der ersten und letzten Aktivierung des Distraktors.
Retentionsphase	Diese Phase reicht vom letzten Aktivieren des Distraktors bis zur Materialentfernung. Sie dient der knöchernen Konsolidierung.
Materialentfernung	Nach Abschluss der Retentionsphase wird ein Röntgenbild erstellt, um sich der knöchernen Konsolidierung zu vergewissern. Unter Berücksichtigung des Patientenwunsches wird der Distraktor in Lokalanästhesie, Sedierung mit Lokalanästhesie oder Intubationsnarkose entfernt. Entsprechend der paramarginalen Schnittführung bei Insertion erfolgt die Darstellung des ehemaligen Osteotomiespaltes sowie des mit Schrauben befestigten Distraktors. Nach Entfernung der Schrauben und des Distraktors wird die Wunde vernäht.

#### **2.4.4 Nachbehandlung und Follow Up**

Der Kieferorthopäde kann bereits während der Retentionsphase mit der Nachbehandlung beginnen, welche sich in der Regel in Form einer Multibracketbehandlung gestaltet. Die Inzisivi werden in den frisch verknöcherten Kallus hineinbewegt und der Platzgewinn genutzt, um eine Einreihung und Nivellierung zu erreichen. Engmaschige Kontrollen durch den Behandler verfolgen den Verlauf. Dieser wird durch Aufzeichnungen in der Patientenakte, Gipsmodelle, Röntgenbilder und Fotoaufnahmen dokumentiert. Nach Abschluss der Behandlung wird dem Patienten empfohlen, lebenslang einen Retainer zu tragen.

## **2.5 Modelle**

Um die Veränderung der Position der Zähne durch die Distraction und die kieferorthopädische Behandlung zu dokumentieren, wurden verschiedene Parameter auf den Unterkiefermodellen bestimmt. Hierfür standen Anfangs-, Zwischen- und Endmodelle der Patienten zur Verfügung. Dabei halten die Anfangsmodelle den präoperativen und die Zwischenmodelle den Zustand während der kieferorthopädischen Nachbehandlung nach Entfernung des Distraktors fest. Das Endmodell zeigt das Behandlungsergebnis. Es handelte sich um Gipsmodelle, die aus der jeweiligen Praxis des betreuenden Kieferorthopäden stammen. Da davon ausgegangen werden muss, dass bei der Herstellung der Modelle im Detail nicht exakt dieselben Methoden angewendet wurden, bestehen keine Kenntnisse zur Genauigkeit der Wiedergabe der Situation im Mund.

Für die Messung fand eine Schiebemesselehre mit fein auslaufenden Messspitzen Verwendung. Die Strecke ergibt sich, indem der Messpunkt der einen Seite mit dem der Gegenseite verbunden wird. Im Folgenden sind die verwendeten, in der Kieferorthopädie gängigen, Strecken aufgeführt:

Die interkanine Distanz: von der Höckerspitze des Zahnes 33 zur Höckerspitze des Zahnes 43

vordere Zahnbogenbreite: von der vestibulären Papillenspitze zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren der linken Seite bis zur vestibulären Papillenspitze zwischen dem ersten und zweiten Prämolaren der rechten Seite

hintere Zahnbogenbreite: von der Spitze des zentrobukkalen Höckers des linken Sechsjahrmolaren zur Spitze des zentrobukkalen Höckers des rechten Sechsjahrmolaren

## **2.6 Subjektive Einschätzung der Patienten**

Die Patienten wurden mindestens ein Jahr nach Distraktorinsertion persönlich zu verschiedenen Aspekten ihrer Behandlung befragt, wodurch eine subjektive Einschätzung erfasst wurde. Dabei handelte es sich um folgende Fragen mit optionalen Antworten:

Welche Motivation bewegte Sie zur Wahl der Distractionsosteogenese als Therapie?

-Ästhetik / Kaufunktion / Phonetik / Parodontologische Aspekte / Sonstiges

Kam es zur Beeinträchtigung der Lebensqualität während der Distraction durch einen oder mehrere der folgenden Faktoren?

-Schmerzen / Kaufunktion / Phonetik/ Ästhetik / Psyche

Sind sie mit dem Behandlungsergebnis insgesamt zufrieden (mindestens ein Jahr nach  
Distraktion)? ja / nein

### ***Subjektive Einschätzung der betreuenden Kieferorthopäden***

Zur umfangreichen Darstellung der Distraktion im Rahmen der gesamten Behandlung sollten die  
fünf beteiligten Kieferorthopäden zu jedem der von ihnen an der Studie teilnehmenden Patienten  
folgende Frage beantworten:

Warum wurde gerade die Distraktionsosteogenese als Therapiemöglichkeit gewählt?

Verkürzung der Behandlungszeit: ja / nein

Besseres Behandlungsergebnis: ja / nein

Sonstiges:

Ist es zum Rezidiv gekommen? ja / nein

Erfolgte eine Beseitigung des Engstandes oder der Kompression? ja / nein

Konnten Zahnextraktionen verhindert werden? ja / nein

Wie beurteilen Sie retrospektiv die Therapie der Distraktionsosteogenese?

Würden Sie bei einem vergleichbaren Fall wieder die Distraktionsosteogenese als Therapie  
wählen? ja / nein

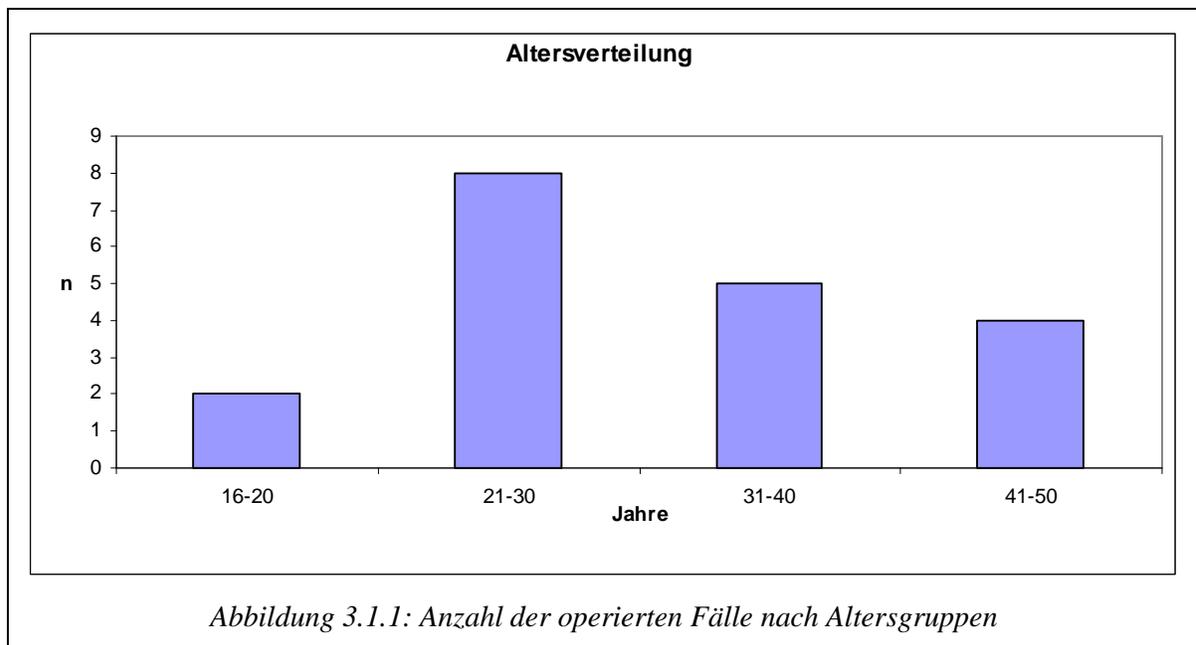
Würden Sie die Distraktionsosteogenese in der Unterkiefersymphyse als Therapie empfehlen?  
ja / nein

### 3 Ergebnisse

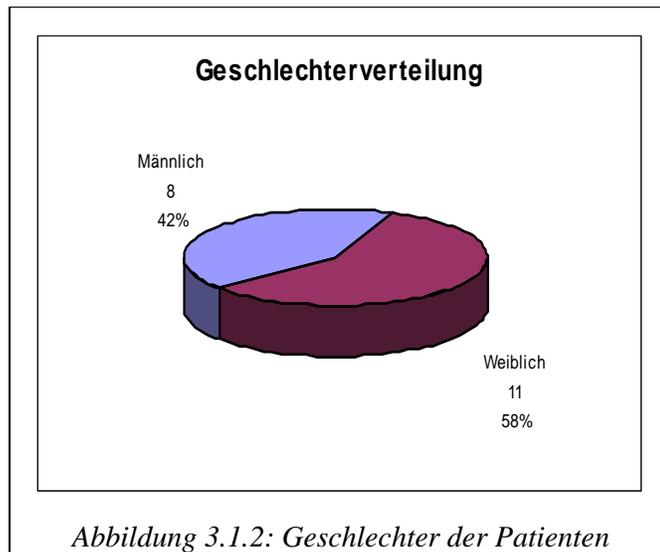
Das hier beschriebene Verfahren der Unterkiefersymphysendistraktion wird an der Klinik für Kieferchirurgie und plastische Chirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité - Universitätsmedizin Berlin seit 2000 angewandt. Bis zum Jahr 2006 wurden insgesamt 19 Patienten operiert. Die Operation wurde durch fünf verschiedene Fachärzte der Klinik durchgeführt. Der Verlauf der Behandlung von 18 Patienten konnte mindestens für ein Jahr nach Abschluss der Distraktion mitverfolgt werden. Ein Patient verzog nach Ende der Distraktion ins Ausland, sodass dieser nur in die Ergebnisse der Distraktion, nicht aber der kieferorthopädischen Nachbehandlung einbezogen werden konnte.

#### 3.1 Aufstellung und Auswertung aller Patientendaten

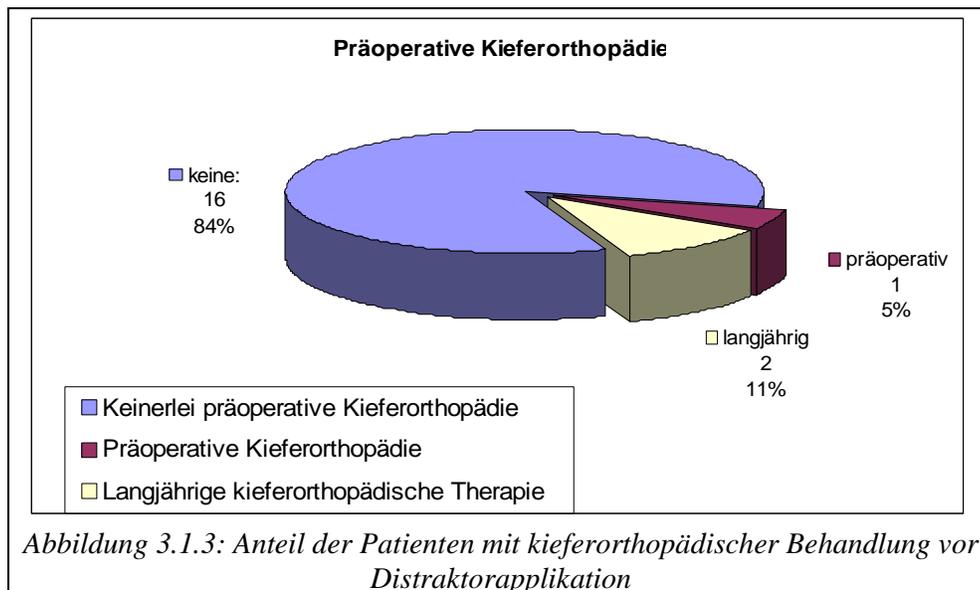
Die 19 nichtsyndromalen Patienten mit unauffälliger Anamnese befanden sich alle im frühen bis mittleren Erwachsenenalter. Das Altersspektrum zur Zeit der Operation lag zwischen 16,8 und 47,5 Jahren. Das Durchschnittsalter betrug 31,4 Jahre. Somit handelt es sich nahezu um eine reine Erwachsenenbehandlung. Den größten Anteil bildeten dabei die 21 bis 30 -Jährigen (Abbildung 3.1.1).



Dabei lag das Verhältnis von Frauen zu Männern bei 11:8 (Abbildung 3.1.2).



Im Rahmen der Vorbehandlung wurde im Unterkiefer in 16 Fällen keine präoperative Kieferorthopädie durchgeführt. Diese fand nur in einem Fall statt, in zwei Fällen waren die Patienten bereits jahrelang in allgemeiner kieferorthopädischer Behandlung (Abbildung 3.1.3).



### **3.2 Die Phasen der Distraction**

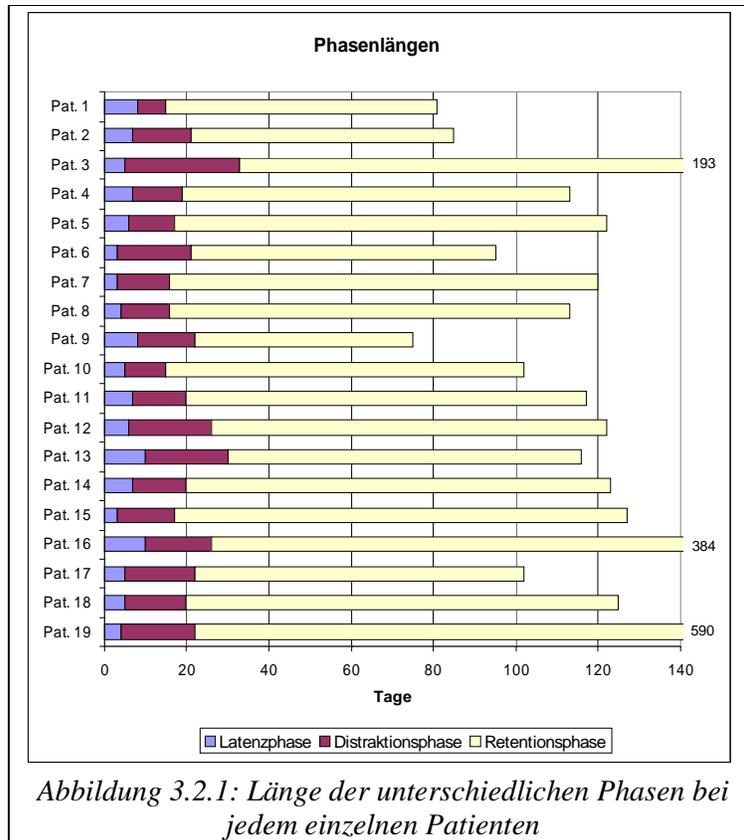
Die Insertion wurde stets in Intubationsnarkose durchgeführt. Bei 18 Patienten wurde medial, bei einer Patientin paramedial osteotomiert.

Die Latenzphase betrug im Durchschnitt sechs Tage, das Minimum lag bei drei, das Maximum bei zehn Tagen. Die Distraktionsphase dauerte durchschnittlich 15 Tage, wobei der kürzeste Zeitraum bei sieben, der längste bei 28 Tagen lag.

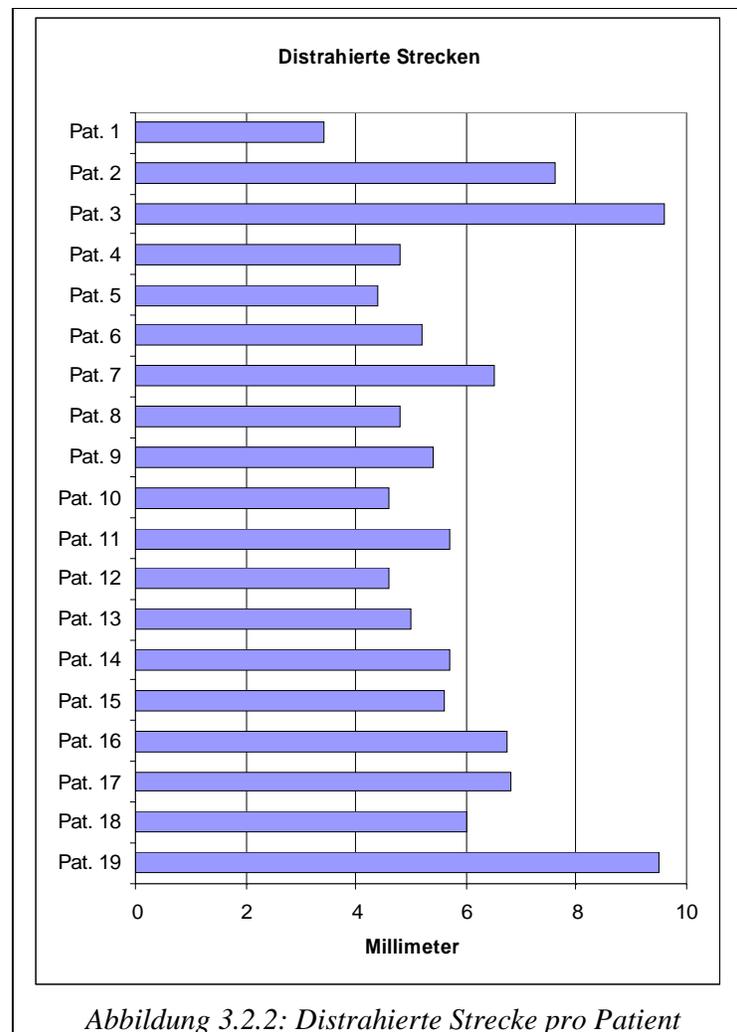
Die tägliche Umdrehungszahl betrug zwischen einer und zweieinhalb Drehungen, wobei eine 360° Umdrehung einer Länge von 0,2mm entspricht. Es wurde nicht bei allen Patienten kontinuierlich, das heißt jeden Tag gedreht. Die unterschiedliche Frequenz der Umdrehungen ergab sich dadurch, dass der jeweilige Behandler individuell über die Distraktionsstrecke entschied.

Bei einem Patienten kam es zu einer Wundheilungsstörung, starken postoperativen Schmerzen und daraus resultierend einer Latenzzeit von 10 Tagen.

Die durchschnittliche Retentionsphase lag bei 140 Tagen, der kürzeste Zeitraum umfasste 64 Tage, die Dauer der längsten Retentionsphase betrug 590 Tage (Abbildung 3.2.1). Bei diesem Patienten nahm man simultan mit der Entfernung des medianen Distraktors eine Vorverlagerung des Unterkiefers vor, sodass ein operativer Eingriff entfiel.



Die Länge der distrahierten Strecke betrug im Durchschnitt 6,3mm. Die Strecke wurde aus der Anzahl der Umdrehungen errechnet. Die kürzeste Strecke betrug 3,4mm die längste Strecke lag bei 9,6mm (Abbildung 3.2.2).



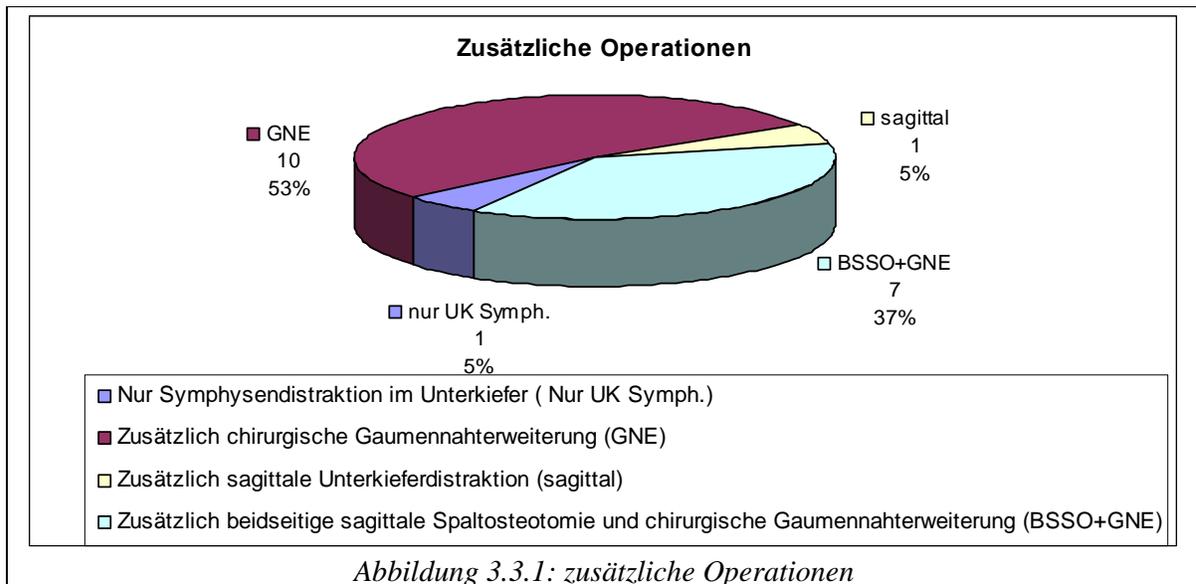
In 18 der 19 operierten Fälle lag bei Entnahme des Distraktors ein optisch sowie taktil konsolidierter Knochen im ehemaligen Distractionsspalt vor. In einem Fall fehlte die Verknöcherung des kranialen Distractionsspalt.

Die Entfernung des Distraktors gestaltete sich in allen Fällen problemlos, gelockerte Schrauben lagen nicht vor. Technische Schwierigkeiten wie beispielsweise ein Bruch des Distraktors traten nicht auf. In drei Fällen wurde die Apparatur in Lokalanästhesie entfernt. Bei dem oben genannten Patienten lag eine chronische Infektion im Bereich des submukös eingeheilten Distraktors vor.

### 3.3 Ergänzende Operationen zur Distraction

Abbildung 3.3.1 stellt dar, welche Operationen bei den Patienten zusätzlich zur Insertion des Symphysendistraktors stattfanden. Von allen untersuchten Patienten wurde bei 17 eine bimaxilläre transversale Erweiterung durchgeführt. Im Unterkiefer wurde ein Distraktor eingesetzt, während im Oberkiefer simultan eine chirurgisch unterstützte Gaumennahterweiterung vollzogen wurde mit intraoperativer Insertion der Gaumennahterweiterungsapparatur. Diese wurde von den zahntechnischen Laboren der kieferorthopädischen Praxen präoperativ hergestellt und am Patienten angepasst.

Bei insgesamt acht Patienten erfolgte zusätzlich eine Vorverlagerung des Unterkiefers. Bei sieben Patienten handelte es sich um eine beidseitige sagittale Spaltosteotomie mit Osteosyntheseplatten, während bei einem Patienten bilateral der Mandibulacorpus distrahiert wurde.



### 3.4 Verlauf einschließlich aufgetretener Komplikationen

Bei zwei der 19 Patienten kam es intraoperativ zur Schädigung von Zähnen. In einem Fall wurden die Zähne 31 und 41 verletzt (siehe 3.5). In dem anderen Fall frakturierten die Zähne 31 und 42. Bei zwei Patienten lag zum Abschluss der Behandlung eine Rezession der Papille der mittleren Inzisivi vor. Bei einem dieser Patienten betrug die Rezession ca. 1mm, bei dem anderen betrug der Gingivarückgang ca. 2mm, in diesem Fall kam es außerdem zu einer Wundheilungsstörung im Bereich des eingehielten Distraktors.

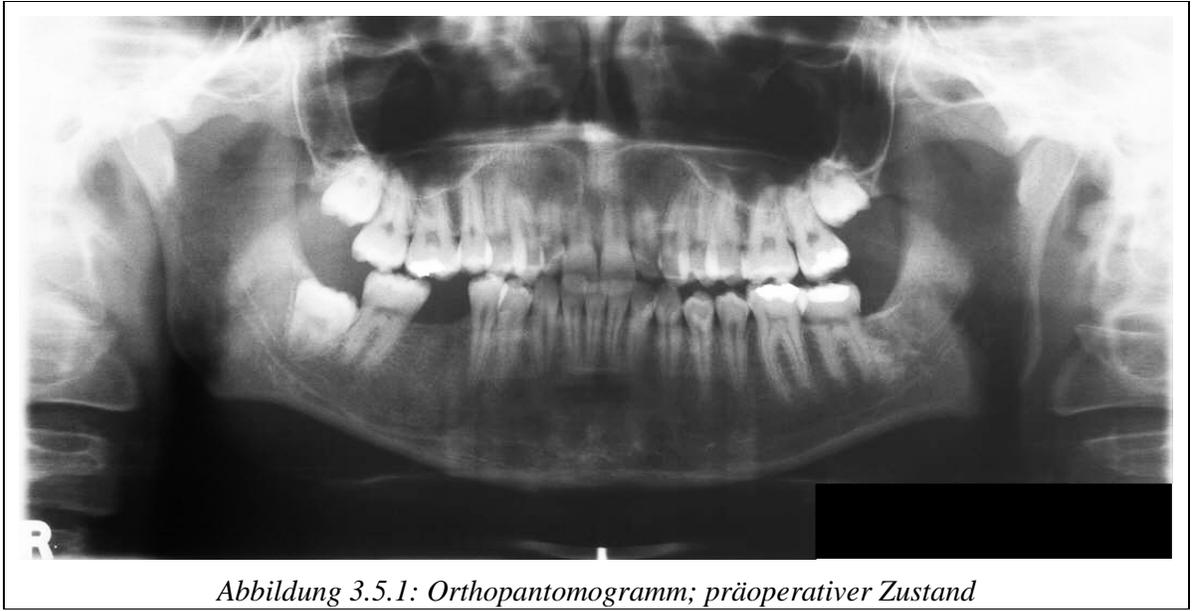
Bei zwei Patienten traten vorübergehende Kiefergelenksbeschwerden auf. Dabei handelte es sich bei der einen Patientin um eine partielle Diskusverlagerung des linken Kiefergelenkes nach

anterior mit Reposition. Bei der anderen Patientin wurde linksseitig eine totale und rechts eine partielle Diskusverlagerung nach anterior mit Reposition diagnostiziert. Bei einem dritten Patienten, bei dem zusätzlich zur medianen Distraction auch eine bilaterale Distraction erfolgt war, wurde zur Beseitigung einer Arthropathie eine Diskotomie durchgeführt. Die gesamte Distraction erfolgte außerhalb der Klinik für Kieferchirurgie und plastische Gesichtschirurgie. Vom Kieferorthopäden konnte keine Information über die tägliche Umdrehung erhalten werden. Die Nachbehandlung konnte bei 18 der 19 operierten Fälle weiterverfolgt werden, da ein Patient ins Ausland verzog.

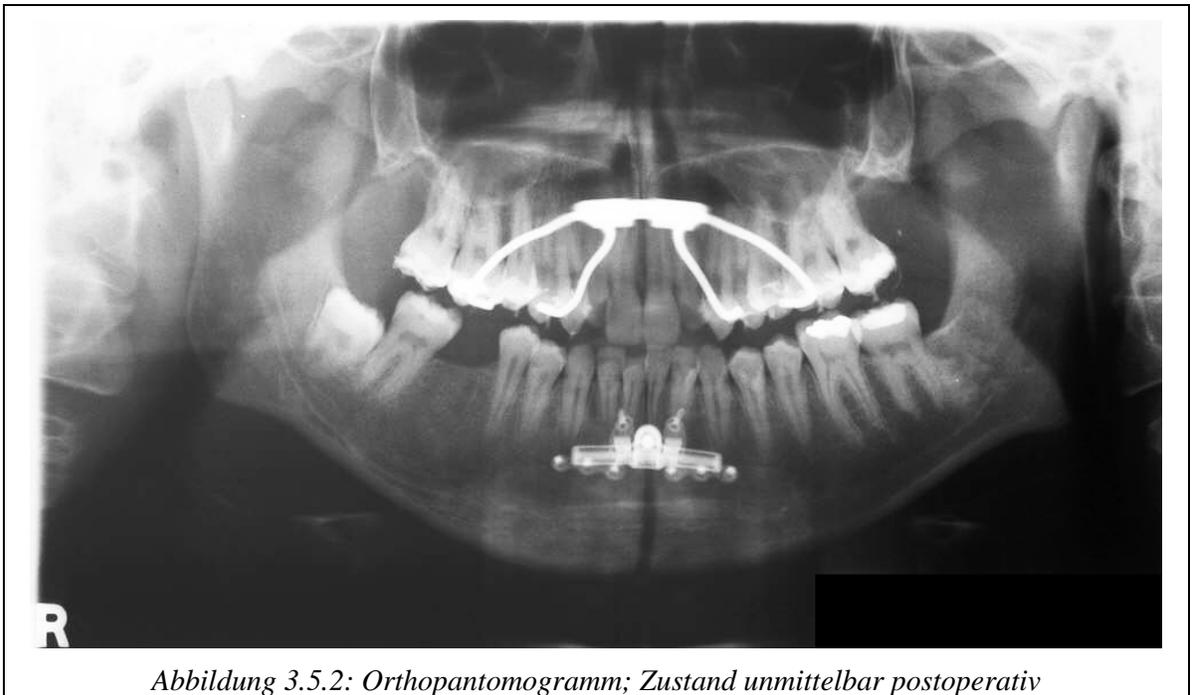
In 17 Fällen konnte der Engstand beziehungsweise die Kompression aufgehoben werden. Der Patient mit der habituellen Klasse III befindet sich noch in kieferorthopädischer Behandlung, bei ihm ist trotz Distraction die Extraktion von Prämolaren vorgesehen. Der Kieferorthopäde begründete dies mit der Extremsituation des Engstandes. In allen anderen Fällen wurde der benötigte Platz ohne Extraktionen erzielt. Sensibilitätsausfälle des beteiligten Weichgewebes traten nur vorübergehend auf.

### ***3.5 Fallbeispiel: Unterkiefersymphysendistraction mit vertikalem Knocheneinbruch***

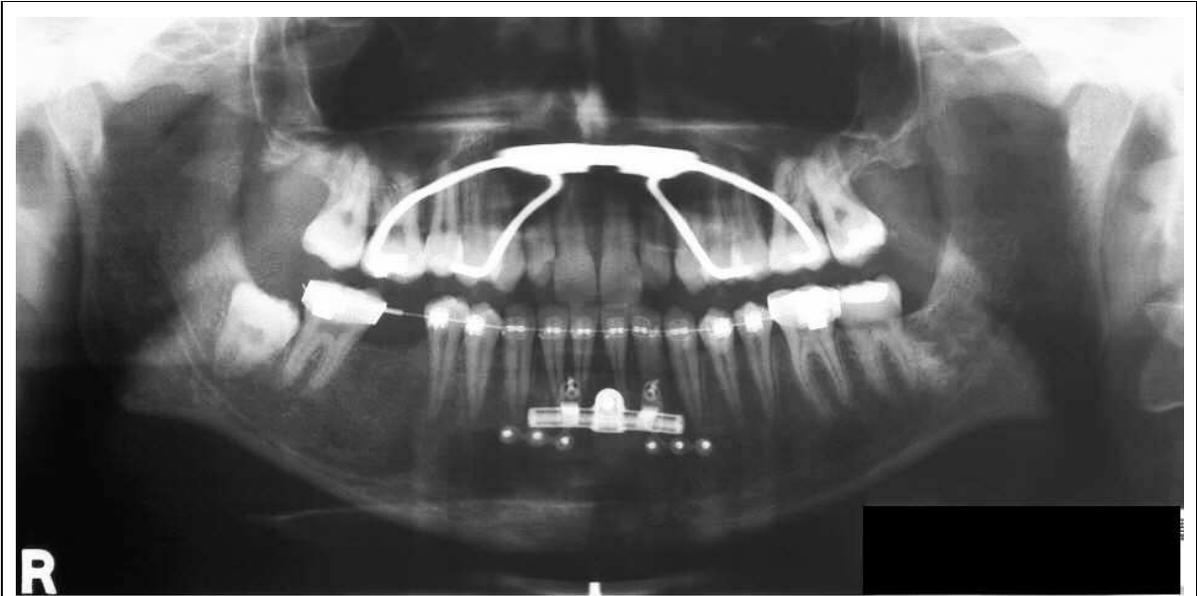
Die Panoramaschichtaufnahmen (Abbildung 3.5.1 - 3.5.5) zeigen den Behandlungsverlauf bei dem zur Zeit der Insertion 23-jährigen männlichen Patienten. Während der Insertion des Distraktors wurde die linguale marginale Gingiva verletzt. Nach fehlender knöcherner Konsolidierung lag bei Entnahme des Distraktors vertikal etwa 1,2 cm breites Granulationsgewebe in Regio 31/41 vor. Sowohl interradikulär als auch subapikal fehlte Knochen zwischen den Zahnwurzeln. Intraoperativ erfolgte eine Kürettage des betroffenen Gebietes und die Auffüllung des Defektes mit einem kortikospongiosen Knochentransplantat aus der Kinnregion. In einer weiteren Operation wurde mittels Beckenkammpongiosa augmentiert. Abbildung 3.5.6 dokumentiert das klinisch beschädigte Parodontium sowie den Defekt der freiliegenden Wurzeloberfläche des Zahnes 31. Abbildung 3.5.7 zeigt röntgenologisch eine Kerbe mesial an Zahn 31 in der koronalen Hälfte sowie eine Kerbe distal an Zahn 41 periapikal. Ebenso ist der vertikale Knochenabbau deutlich erkennbar. Aus dem Bild lässt sich schließen, dass es intraoperativ zur Beschädigung der Zähne kam. Somit konnte an dieser Stelle durch fehlendes Parodontium im Rahmen der Distraction kein Knochen gewonnen werden.



*Abbildung 3.5.1: Orthopantomogramm; präoperativer Zustand*



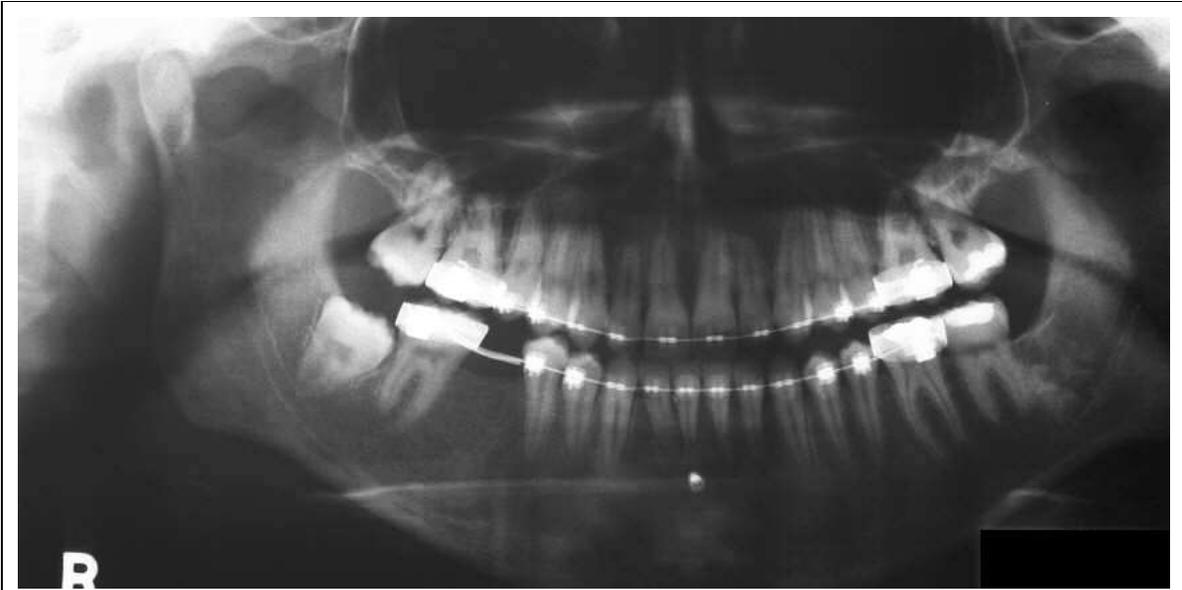
*Abbildung 3.5.2: Orthopantomogramm; Zustand unmittelbar postoperativ*



*Abbildung 3.5.3: Orthopantomogramm; Zustand nach Ende der Retentionsphase*



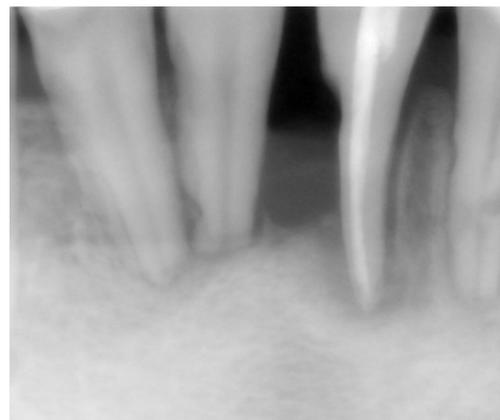
*Abbildung 3.5.4: Orthopantomogramm; unmittelbar nach Entfernung des Distraktors*



*Abbildung 3.5.5: Orthopantomogramm; Kontrollaufnahme ein Jahr nach Distraktorinsertion*



*Abbildung 3.5.6: Intraorales Foto, Regio 33 bis 43;  
nach 15 Monaten*



*Abbildung 3.5.7:  
Einzelbildröntgenaufnahme Regio 32 bis  
42; nach 20 Monaten*

### **3.6 Ergebnisse der Modellanalyse**

Um die Veränderung der Position der Zähne durch die Distraction und die kieferorthopädische Behandlung zu dokumentieren, wurden verschiedene Parameter auf den Unterkiefermodellen bestimmt. Es wurden die Modelle von den 18 Patienten untersucht, deren Behandlung bis zum Abschluss mitverfolgt werden konnte. An den zur Verfügung stehenden Anfangs-, Zwischen- und Endmodellen wurden die interkanine Distanz sowie die vordere und hintere

Zahnbogenbreite per Schiebemesslehre gemessen. Alle Messwerte wurden auf eine Nachkommastelle gerundet. Anschließend wurde zum einen die Veränderung der Strecken vom Anfangs- zum Zwischenmodell (Tabelle 2, Spalte 2-4) und zum anderen die Entwicklung der Werte vom Zwischen- zum Endmodell (Spalte 5-7) errechnet. Bei einem positiven Wert hat sich die Strecke erhöht und die Zähne stehen weiter auseinander; bei einem negativen Wert hat sich die Distanz verringert. Abschließend sind die Durchschnittswerte dargestellt. Die interkanine Distanz hat sich vom Anfangs- zum Endmodell um durchschnittlich 3,3mm vergrößert. Die entsprechende durchschnittliche Differenz betrug sowohl bei der vorderen als auch bei der hinteren Zahnbogenbreite 4,6mm (Spalte 8-10).

Patient	Differenz der Werte vom Anfangs- zum Zwischenmodell			Differenz der Werte vom Zwischen- zum Endmodell			Differenz der Werte vom Anfangs- zum Endmodell		
	interkanine Distanz	Zahnbogenbreite vordere	hintere	interkanine Distanz	Zahnbogenbreite vordere	hintere	interkanine Distanz	Zahnbogenbreite vordere	hintere
2	1,8	4,6	4,2	2,2	1,8	0,6	4	6,4	4,8
3	2,3	2,7	2,1	(a)					
4	3,5	3,6	-1,4	-0,5	2,5	0,7	3	6,1	-0,7
5	2,8	6,1	4	-0,2	-0,1	0,8	2,6	6	4,8
6	6,7	7,3	2,1	-2,7	-2	7	4	5,3	9,1
7	2,5	4,2	0,5	0	-0,4	0,3	2,5	3,8	0,8
8	2,5	2,7	4,2	7,7	6,5	8	10,2	9,2	12,2
9	4	4	2,7	-1,7	0,8	4,2	2,3	4,8	6,9
10	6,9	5,3	4,5	-1,7	1,5	1	5,2	6,8	5,5
11	6,4	5,5	3,4	-1	0,5	-0,8	5,4	6	2,6
12	1,4	2,7	0	-0,4	-3	-1	1	-0,3	-1
13	4,1	(b)	10,7	-1,6	(b)	-1,7	2,5	(b)	9
14	3,4	0,4	7,8	0,6	4,1	4,6	4	4,5	12,4
15	-0,6	4,5	1,5	-0,4	-0,1	0,2	-1	4,4	1,7
16	5,2	5	5,8	-0,2	2	0,5	5	7	6,3
17	(c)								
18	5	3,2	4,5	-1	-2,2	-0,5	4	1	4
19	4,4	4,7	2,4	-7,1	-6,6	-7,7	-2,7	-1,9	-5,3
Ø	3,7	4,2	3,5	-0,5	0,4	1,0	3,3	4,6	4,6
Bemerkungen:	(a) Endmodelle liegen noch nicht vor								
	(b) Zähne fehlen								
	(c) Modelle wurden nicht zur Verfügung gestellt								

*Tabelle 2: Auswertung der vermessenen Parameter im Rahmen der Modellanalyse*

### 3.7 Ergebnisse der subjektiven Einschätzung der Patienten

Von insgesamt 19 Patienten wurden 15 Patienten persönlich zu verschiedenen Aspekten ihrer Behandlung befragt. Zwei Patienten sind nach der OP unbekannt verzogen, zwei weitere wollten sich zu den Ergebnissen im Rahmen dieser Arbeit nicht äußern.

Als Motivation für die Behandlung gaben zehn Patienten ästhetische Gründe an.

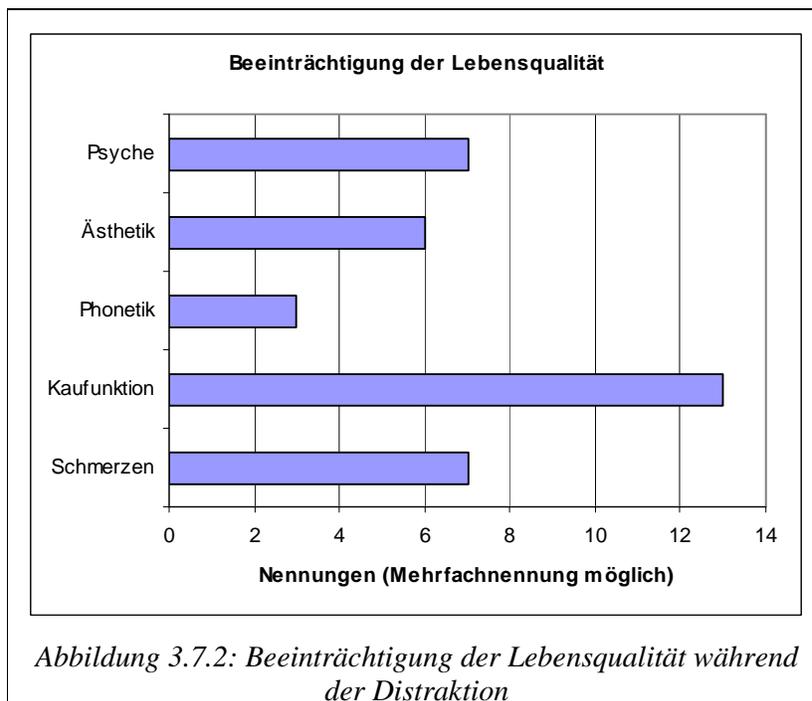
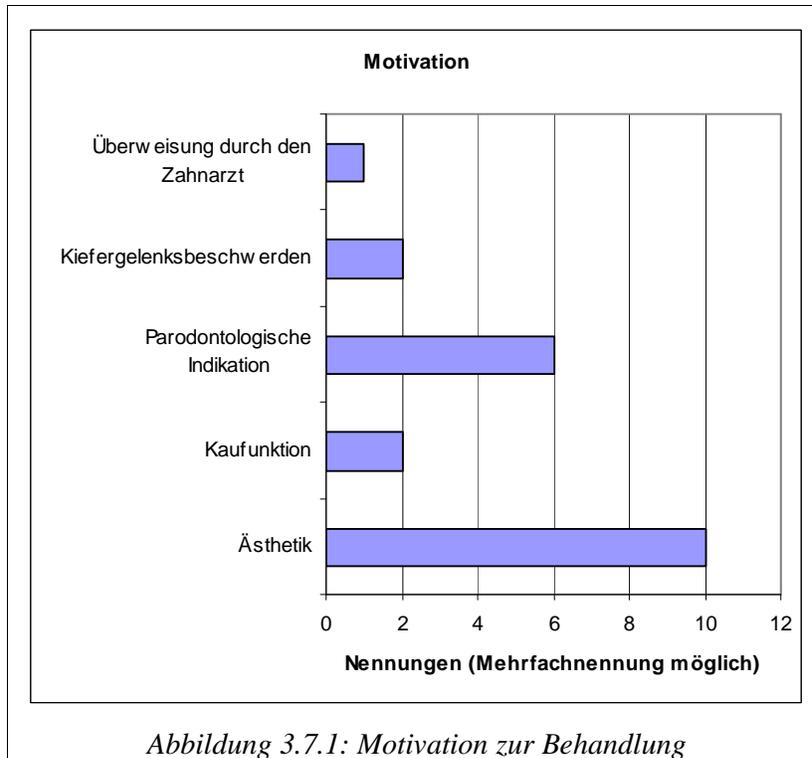
Parodontologische Aspekte lagen in sechs Fällen vor. Dies bedeutete, dass man einer

Parodontopathie vorbeugen wollte. Die Zahnstellung und/oder der Engstand haben die Mundhygiene stark erschwert. Darüber hinaus klärten der Zahnarzt und/oder Kieferorthopäde gegebenenfalls den Patienten darüber auf, dass die bestehende Fehlbelastung einzelner Zähne das Risiko einer Parodontopathie erhöhe. Bei zwei Patienten spielte die beeinträchtigte Kaufunktion eine Rolle und in zwei Fällen waren Kiefergelenksprobleme ausschlaggebend für die Konsultation (siehe Abbildung 3.7.1). Lediglich ein Patient begab sich nur der Überweisung des Zahnarztes folgend in kieferorthopädische Behandlung.

Die nächste Frage beinhaltete Einschränkungen der Lebensqualität während der Distraction. Eine solche ergab sich in 14 Fällen durch die beeinträchtigte Nahrungsaufnahme. Psychisch fühlten sich sieben Patienten belastet. Eine Beeinträchtigung der Lebensqualität durch die veränderte Ästhetik erfuhr eine sechsfache Nennung, Schwierigkeiten in der Phonetik schränkte drei Patienten ein und eine Belastung durch Schmerzen empfanden sieben der Befragten (siehe Abbildung 3.7.2).

Abschließend wurde nach der Zufriedenheit gefragt. Mit dem Gesamtergebnis waren hiernach 13 von 15 Patienten zufrieden.

Bei den Patienten, die nicht zufrieden waren, handelt es sich um den Patienten mit unzureichender Verknöcherung (bitte vergleichen Sie hierzu Abschnitt 3.5), sowie um eine Patientin, die die Belastung der gesamten Behandlung als zu hoch empfand.



### **3.8 Ergebnisse der subjektiven Einschätzung der Kieferorthopäden**

Jeder der fünf kooperierenden Kieferorthopäden nahm zu jedem seiner Patienten Stellung und beantwortete den Fragebogen (siehe Abschnitt 2.7).

Als Antwort auf die Frage, warum die Entscheidung zur Distractionsosteogenese als Therapie fiel, wurde am häufigsten die Extraktionsvermeidung (72%) genannt.

Außerdem spielte dadurch bei 33% der Fälle die Verbesserung der Ästhetik beziehungsweise der Erhalt der Ästhetik eine Rolle. Die genauen ästhetischen Aspekte waren Profilerhalt, Enface-Ästhetik, Lippenprofilerhalt und Vermeidung eines vergrößerten Nasolabialwinkels, der bei einer Extraktion die Folge wäre.

Weiterhin wurde die Ausformung des Zahnbogens im Rahmen der präoperativen Kieferorthopädie zur Vorverlagerung des Unterkiefers (16,7%) genannt. Ebenso oft war Innovation ein Motiv. In einem Fall (5%) war die Beseitigung der Nonokklusion, in einem weiteren Fall die Beseitigung des Kreuzbisses maßgebend.

Bei 89% der Patienten wurde die Entscheidung mit einer kürzeren Therapiedauer und in 94% mit einem erwarteten besseren Behandlungsergebnis begründet.

Zu einem Rezidiv war es bisher nicht gekommen, die Patienten erhielten zum Abschluss der Behandlung allerdings auch einen Retainer.

Auf die mit ja/ nein zu beantwortende Frage wäre bei 83% aller Patienten bei einem vergleichbaren Fall diese Therapie wieder bevorzugt worden.

Bei der Befragung zeigte sich außerdem, dass alle beteiligten Kieferorthopäden generell die Therapie mit einem Distraktor in der Unterkiefersymphyse befürworten.

## 4 Diskussion

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine klinische Studie mit retrospektivem Charakter. Es wurden nur Patienten ausgewählt, die mindestens einen frontalen Engstand oder eine Unterkieferkompression aufwiesen und vom Kieferorthopäden überwiesen wurden. Die Kallusdistraction betraf mindestens den Bereich der Unterkiefersymphyse.

In die Studie mit einbezogen wurden alle Patienten, die von 2000 bis einschließlich 2006 operiert wurden. Bei diesen 19 Patienten konnte in 18 Fällen der Verlauf bis mindestens ein Jahr nach Operation mitverfolgt werden.

Weitere Operationsplanungen hatten keinen ausschließenden Einfluss auf die Teilnahme an der Studie. Drei Patienten waren nicht bereit an der subjektiven Einschätzung teilzunehmen. Die Insertion der Distraktoren wurde in allen Fällen in der Klinik für Kieferchirurgie und plastische Chirurgie am Campus Benjamin Franklin der Charité-Universitätsmedizin Berlin mit knochengetragenen Distraktoren durchgeführt. Die Nachbehandlung erfolgte immer durch den Überweiser. Es wurden die Modelle ausgewertet, die der jeweilige Kieferorthopäde im Rahmen der Behandlung angefertigt hatte. Zur radiologischen Auswertung lagen mindestens ein präoperatives Orthopantomogramm, ein postoperatives Orthopantomogramm mit Distraktor sowie eine Kontrollaufnahme nach Entfernung des Distraktors vor. In allen 18 Fällen, in denen der Verlauf dokumentiert werden konnte, fanden Kontrollbilder wiederum in Form eines Orthopantomogramms Berücksichtigung. Alle zusätzlich angefertigten Röntgenaufnahmen wurden ebenfalls miteinbezogen.

Wie in Abschnitt 3 beschrieben, befanden sich alle Patienten im frühen bis mittleren Erwachsenenalter, wie es bei der klassischen orthodontisch-kieferchirurgisch kombinierten Behandlung üblich ist. In allen Fällen handelt es sich um nichtsyndromale Patienten.

Dabei bietet gerade die Distraction im Unterkiefer eine therapeutische Möglichkeit, die bei Syndromen mit einem stark ausgeprägten mandibulären Defizit bereits bei Kindern und sogar Säuglingen angewendet wird (Rhee, Buchman 2003). Allerdings zeigt die konventionelle kieferorthopädische Therapie bei nichtsyndromalen Kindern gute Ergebnisse, solange das Unterkieferwachstum gefördert werden kann.

Die Anzahl der Frauen überwog nur leicht, wobei ein erhöhter Frauenanteil bei der kieferorthopädischen Erwachsenenbehandlung auch in der Literatur bestätigt wird (Bauer, Diedrich 1990; Breece, Nieberg 1986).

#### **4.1 Kieferorthopädische Vorbehandlung und interdisziplinäre Operationsplanung**

Als wichtiger Faktor der Vorbehandlung muss die richtige Einschätzung der Compliance gesehen werden. Dies zeigt sich in dieser Studie dadurch, dass von Seiten der Behandler die Compliance einiger Patienten bemängelt wurde. Zudem ergab die subjektive Befragung der Patienten, dass die Patienten eine mangelnde Information bezüglich des Behandlungsablaufes beklagten.

Hoffmeister hebt hervor, dass der Patient durch ausführliche Aufklärung von der bevorstehenden Behandlung überzeugt und motiviert sein muss (Hoffmeister 2007). Berg fand Kooperationsprobleme sogar als den häufigsten Komplikationsfaktor für das Gelingen einer kieferorthopädischen Behandlung (Berg 1979).

Damit kann vermutet werden, dass die psychische Belastung durch die Behandlung während der Distraction teilweise als Konsequenz einer unzureichenden Vorbereitung des Patienten auf die Behandlung beziehungsweise einer falsch eingeschätzten psychischen Belastbarkeit zu sehen ist. Daher zeigt sich, dass zwischen Kieferorthopäde und Kieferchirurg nicht nur ein enger Austausch über den rein operativen Ablauf sondern auch über den Gesamtzustand des Patienten notwendig ist.

Eine interdisziplinäre Zusammenarbeit ist erforderlich wie bei jeder orthodontisch-kieferchirurgisch kombinierten Behandlung. Dazu wird auch in der Literatur eine gute Koordination der einzelnen Behandlungsphasen bei allen Mitgliedern des Behandlungsteams vorausgesetzt und gegebenenfalls auch die Einbeziehung des Hausarztes und Zahnarztes notwendig (Fuhrmann 2002, Hoffmeister 2007). Dabei wird auch gefordert, die therapeutischen Möglichkeiten hinsichtlich einer Verbesserung des äußeren Erscheinungsbildes zurückhaltend zu bewerten, um überzogene Wunschvorstellungen zu relativieren (Richter 1991).

Im Unterkiefer wurde in den 16 Fällen gemäß Literatur (Guerrero 1997) keine präoperative orthodontische Therapie durchgeführt, um eine ungewünschte Proklination oder Knochenverlust zu vermeiden (Contasti et al. 2001). Der Oberkiefer hingegen muss der Mandibula genügend Platz bieten, um die gewünschte Position nach Ende der Distraction sicherzustellen (Guerrero 1997). In einigen Teilen bildete die Distractionsosteogenese mit anschließender Ausformung und Harmonisierung des Zahnbogens die eigentliche Vorbereitung auf die sich anschließende Vorverlagerung des Unterkiefers. Als hervorzuhebender Erfolg muss erwähnt werden, dass sich

eine zunächst geplante Vorverlagerung des Unterkiefers durch das Ergebnis der Distractionsosteogenese in zwei Fällen erübrigte.

Die Applikation des Distraktors wurde stets in Intubationsnarkose bei stationärem Aufenthalt durchgeführt; eine Insertion unter Sedierung mit Lokalanästhesie ist jedoch auch möglich (Guerrero 1997). Dabei muss berücksichtigt werden, dass bei einem Großteil unserer Patienten zeitgleich eine chirurgische Gaumennahterweiterung durchgeführt wurde. Die Entfernung des Distraktors wurde in drei von 19 Fällen in Lokalanästhesie durchgeführt. Wie bereits in Abschnitt 2.3 erwähnt sollte bei der Wahl der Anästhesie der Wunsch des Patienten miteinbezogen werden.

#### ***4.2 Die Insertion des Distraktors und der Ablauf der Distraction***

Die Osteotomie fand in 18 Fällen medial also zwischen den Zähnen 31 und 41 statt, während bei einer Patientin paramedial zwischen den Zähnen 32 und 33 osteotomiert wurde.

Die vertikale Inzision kann abhängig vom Knochenangebot zwischen den Zahnwurzeln beliebig gesetzt werden (Guerrero 1997). Meist wird jedoch medial osteotomiert (King et al. 2001; Contasti 2001). Nach Ansicht von Dorfman und Turvey sind allgemein bei interdentalen Osteotomien min. 3mm Abstand zwischen den Zähnen erforderlich, damit der Chirurg den Knochen separieren kann (Dorfman, Turvey 1979). Da aber gerade bei einem Engstand der Zähne osteotomiert werden soll, liegt dieser Abstand zumindest interdental bei den Patienten präoperativ häufig nicht vor. Ob der genannte Abstand von 3mm im Bereich der Wurzelspitzen oder im koronalen Wurzelbereich liegen, lassen die Autoren offen. Bei der Mehrzahl der Patienten, die Kewitt und Sickels behandelten, lagen interapikal circa 1mm vor (Kewitt, Sickels 1999). In der vorliegenden Studie wurde zwar kein interdentaler Abstand vermessen, es ist aber davon auszugehen, dass interradikulär überwiegend weniger als 3mm vorlagen. Um gegebenenfalls interapikal mehr Platz zu gewinnen, sollte der Kieferorthopäde präoperativ eine Divergenz der Wurzeln erzielen (Kewitt, Sickels 1999; King et al. 2001; Conley, Legan 2003). Allerdings ist dies oft nicht realisierbar, da ohnehin schon ein Engstand vorliegt. Entscheidend ist, dass die angrenzenden Wurzeln nach Osteotomie vollständig mit Knochen bedeckt sind (Guerrero et al. 2000).

Im Tierversuch konnte gezeigt werden, dass der Erhalt des Periostes eine wichtige Rolle spielt, während eine Durchtrennung von Endosteum und Knochenmark zweitrangig sind (Kojimoto 1988). Im Einklang damit steht, dass das Periost während des chirurgischen Eingriffs möglichst geschont wird (Contasti et al. 2001). Guerrero beschreibt eine sofortige Aktivierung von 2mm

schon während der Operation (Guerrero 2000), wohingegen die Mehrzahl der Autoren (Mommaerts 2005; Contasti et al. 2001, King et al. 2001) nach dem bei uns angewendeten Verfahren verfährt, bei dem die erste Aktivierung erst nach der Latenzzeit durchgeführt wird.

Einen guten Überblick über die verschiedenen Parameter, die Autoren in ihren Studien über verschiedene mandibuläre Distractionen angegeben haben, geben Cope et al. 1999.

Laut Aronson et al. 1988 ist eine gewisse Starrheit des Distraktors erforderlich, ansonsten kann es zur Ausbildung von frühreifen Knochenbrücken kommen. Sie machten mit einer Latenzzeit von fünf Tagen gute Erfahrungen.

Es besteht die Vermutung, dass eine Aktivierung von weniger als 1mm/d zu frühzeitiger knöcherner Konsolidierung führen könnte (Guerrero 2000).

In den hier untersuchten Fällen ist dieses Problem mit 0,2-0,5mm Distraction pro Tag nicht aufgetreten. Der vom Kieferorthopäden geplante Platzgewinn konnte immer erreicht werden. Eine Distraction von täglich mehr als 0,5mm wurde nicht vollzogen, um eine schonende Distraction des betroffenen Parodontiums zu erhalten und einem Attachmentverlust vorzubeugen.

### **4.3 Behandlungsalternativen**

Little konstatierte, dass die Zahnbogenlänge genauso wie der interkanine Abstand mit dem Alter immer abnehmen, unabhängig davon, ob und welche kieferorthopädische Behandlungsmaßnahme angewendet wurde (Little 1990). Der frontale Engstand nimmt generell zu, weswegen es Kieferorthopäden gibt, die lebenslang einen Retainer zu tragen empfehlen (Wong 2004). Langzeituntersuchungen hierzu liegen noch nicht vor.

Das Lippenprofil – insbesondere bei dünnen Lippen – ist abhängig von der Zahnstellung (Subtelny 1959; Oliver 1982).

Die Extraktion der vier Prämolaren führt zu einem weniger protrusivem Profil als im Falle einer Nonextraktion, entspricht aber bei richtiger Indikationsstellung noch der ästhetischen Norm (Bishara 1995; Bishara 1997; Bravo 1994). Generell resultiert jedoch ein vergrößerter Nasolabialwinkel (Drobosky, Smith 1989).

Liegt nach Auswertung des Fernröntgenseitenbildes die Überschreitung bestimmter Winkel und Strecken vor, wie beispielsweise ein Nasolabialwinkel  $\geq 110^\circ$ , dann sollte nach Angaben der genannten Autoren eine Prämolarenextraktion vermieden werden. In diesem Fall entfällt die Extraktion daher für sie als bevorzugte Alternative.

Katsaros et al. hingegen fanden heraus, dass die Entwicklung des Weichteilprofils unabhängig von der kieferorthopädischen Therapie schwer vorherzubestimmen ist. Das Wachstum von Nase und/oder Kinn könnte einen entscheidenderen Einfluss auf das Weichteilprofil ausüben als die kieferorthopädische Behandlung (Katsaros et al. 1996).

Mit einem anderen Aspekt setzte sich Edwards auseinander. Dieser stellte fest, dass bei einem Lückenschluss nach Prämolarenextraktion immer die Gefahr besteht, dass die Gingiva die Zähne wieder auseinander schiebt, da sich an dieser Stelle das Zahnfleisch verdickt hat (Edwards 1971). Hierbei sollte bedacht werden, dass auch das Diastema nach Symphysendistraction eine Lücke ist. Es wäre von Interesse zu beobachten, ob sich auch in diesem Bereich nach Lückenschluss eine Schleimhautduplikatur bilden könnte.

Eine Alternative zur Prämolarenextraktion bietet die Extraktion von einem oder zwei Frontzähnen. Riedel, Little und Bui 1992 erhielten dabei akzeptablere Ergebnisse gegenüber der Prämolarenextraktion. Die interkanine Distanz ging hierbei zurück; zur Stabilität wurden keine Aussagen getroffen.

Nach Göz (Göz 2002) sei das Ergebnis jedoch mit einer unsicheren Eckzahnführung kompromissbehaftet und sollte nur in Ausnahmefällen angewendet werden. Diese Therapie ist gegebenenfalls bei einer erheblichen Bolton-Diskrepanz indiziert, das heißt, wenn die mesio-distale Breite der Unterkieferfrontzähne einschließlich der Eckzähne im Vergleich zu der Breite der analogen Oberkieferzähne zu groß ist. Diese Indikation traf in keinem der behandelten Fälle zu. Außerdem wollte man die interkanine Distanz nicht noch weiter verringern. In einem Fall lag eine leichte Bolton-Diskrepanz vor, die nach der Distraction durch ASR beseitigt werden sollte. Des Weiteren ist ein Engstand in der Regel meist mit einem Schmalkiefer und nicht mit zu großen Zähnen assoziiert (Howe, McNamara, O'Connor 1983), woraus sich eine breitere Knochenbasis als Therapieziel ergibt und nicht eine Reduktion der Zähne.

Dass die transversale Erweiterung im anterioren Bereich des Unterkiefers vermieden werden sollte, gilt als einer der am Besten wissenschaftlich belegten kieferorthopädischen Grundsätze (Berg, Katsaros 2000). Die unteren Eckzähne rezidivieren nach Dehnung in den Ausgangsabstand (Bishara, Chadha, Potter 1973).

Miethke 2000 sieht die Idealbehandlung einer Klasse II/1 am ehesten in einer kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Kombinationstherapie. Er betont, dass unter Anwendung einer reinen Multibandtherapie vorwiegend Zähne bewegt und eine skelettale Angle-Klasse II/1 kompensiert wird womit in letzter Konsequenz das beeinträchtigte Aussehen bleibe.

Einen noch recht neuen Ansatz zeigt Damon, der eine Kombination aus passiven

selbstligierenden Brackets und speziell darauf abgestimmten Bogendrähten anwendet. Mit seinem System vermeidet er in Fällen mit ausgeprägtem Engstand eine Extraktionstherapie. Er geht davon aus, dass durch die Anwendung von niedrigen Kräften sowohl der Alveolarfortsatz als auch das Weichgewebe zusammen mit den Zähnen bewegt werden und so eine physiologische Adaptation stattfindet. Die gezeigten Behandlungsfälle betrafen jedoch nur Patienten im jugendlichen Alter (Damon 2003). Da bei diesen Patienten noch von einem Wachstum ausgegangen werden kann, ist der Einfluss auf die orofaziale Muskulatur, sowie den Knochen und das umliegende Weichgewebe durchaus nachvollziehbar.

Im Wechselgebiss kann zum Beispiel durch Einsatz eines Lipbumpers der Engstand reduziert und Zahnbogenlänge sowie Zahnbogenbreite vergrößert werden (Davidovitch, McInnis, Lindauer 1997). Auch weitere Autoren bestätigen eine Dehnung (Nevant et al. 1991; Osborn, Nanda, Currier 1991).

Gute Therapiemöglichkeiten bei Kindern bietet der Funktionsregler nach Fränkel (Fränkel 1974, Hime, Owen 1990, McDougall, McNamara, Dierkes 1982). Bei Erwachsenen führen Funktionsregulatoren allerdings zu keinem Erfolg (McNamara 1984). Daher wäre es von Interesse festzustellen, wie sich die Therapie des Damon-Systems bei Erwachsenen auswirkt.

Die approximale Schmelzreduktion (ASR) kann einen Engstand durch Verschmälerung der Zähne auflösen. Dabei kann im Unterkiefer in der Regel insgesamt bis zu 8,6 mm Schmelz entfernt werden, wenn man von den Unterkieferfrontzähnen bis hin zur Mesialfläche der ersten Molaren strippt (Fillion 1995). Die Vorteile gegenüber der Distraction liegen im vergleichsweise minimalinvasiven und risikoärmeren Vorgehen, der Schmerzarmut und der Zeitersparnis. Wie in Abbildung 2.2.11 zu erkennen ist, fehlt zwischen den zentralen Inzisivi die Interdentalpapille. Die ASR hingegen verhindert das Auftreten von schwarzen interdentalen Dreiecken als Folge der Vergrößerung des Interdentalraumes (Fillion 1995). Nachteilig ist zu bemerken, dass Zahnhartsubstanz geopfert wird und keine Knochenneubildung erfolgt. Entscheidet sich der Kieferorthopäde also dafür, den Unterkiefer dehnen zu wollen, dann kommt die approximale Schmelzreduktion nicht dafür in Frage.

#### **4.4 Indikationen der Distraction**

Die Indikation zur Distractionsosteogenese in der Symphyse des Unterkiefers liegt in der transversalen Enge der Unterkieferfront. Tomat et al. empfehlen die Distraction als Mittel der Wahl, wenn der Platzbedarf mehr als 4mm beträgt und die Form des Kieferbogens verändert werden soll. Sehr ähnlich sehen es Kewitt und Sickels, die den Indikationsbereich bei einem

transversalen Defizit von „mehr als 3 bis 5mm“ angeben (Kewitt, Sickels 1999). Wichtig ist die Diagnose des skelettalen Defizits. Dieses kann natürlich nur durch eine erweiterte skelettale Basis ausgeglichen werden. Die Distractionsosteogenese allgemein als Methode zur Knocheninduktion wird seit 50 Jahren erforscht. Es werden generell weder Transplantate noch eine zusätzliche Blutzufuhr benötigt. Die Operationsdauer ist kurz und die Ergebnisse kurzfristig sichtbar. Ein weiterer Kernpunkt ist neben der Knochengewinnung die vermehrte Weichgewebsbildung. Aus ästhetischer Sicht wurde in der Literatur mehrfach betont, dass die Distraction der Unterkiefersymphyse den bukkalen Korridor reduziert (Contasti 2001; Mommaerts 2004). Dabei handelt es sich um die dunklen Dreiecke, die beim Lachen zwischen Zahnreihe und Mundwinkel entstehen. Die faziale Ästhetik werde außerdem durch den Erhalt der bukkalen sowie perioralen Weichteilabstützung sowohl in Ruhe als auch während des Lachens verbessert, konstatiert Mommaerts 2004.

Die Vorteile der Distraction gegenüber den konventionellen Behandlungsmaßnahmen bestehen zum Einen in der Vermeidung des Zahnverlustes durch Extraktionen. Dies war auch das meistgenannte Motiv zur Entscheidung für dieses Vorgehen. Zum Anderen werden durch die Extraktion hervorgerufene negative Veränderungen auf die Enface- und Profilästhetik vermieden. Dafür sind sowohl Extraktion als auch approximale Schmelzreduktion ohne Operation durchführbar. Das Tragen des Distraktors einschließlich Insertion und Entfernung erfordert eine hohe Compliance durch den Patienten; ist diese nicht gegeben, dann sollte generell auf eine kieferorthopädisch-kieferchirurgisch kombiniertes Vorgehen verzichtet werden.

Allgemeinerkrankungen mit schweren Stoffwechselstörungen und Faktoren, die den Knochenstoffwechsel permanent beeinträchtigen, stellen eine Kontraindikation der Behandlung dar. Bei unzureichendem Knochenangebot zur Befestigung des Distraktors ist die Insertion in dem Bereich ebenso wenig durchzuführen wie bei einem dermaßen ausgeprägten apikalen Engstand, der eine Osteotomie im Bereich der Symphyse nicht zulässt. Allerdings sollte in diesem Fall geprüft werden, ob nicht eine paramediale Osteotomie durchgeführt werden kann.

An der Klinik für Kieferchirurgie und plastische Chirurgie am CBF der Charité - Universitätsmedizin Berlin werden allgemein auch bei Kindern Distractionen, bisher jedoch nur sagittal, durchgeführt (Hoffmeister 2007). Diese sind bei Kindern mit schwerer einbeziehungsweise beidseitiger mandibulärer Hypoplasie indiziert. Bei Kindern mit einem leichten skelettalen Defizits des Unterkiefers stellt die Funktionskieferorthopädie eine erfolgreiche Behandlungsmöglichkeit dar (siehe 4.3).

## **4.5 Risiken und Komplikationen**

In der Literatur liegen mehrere Studien zu den Folgen der Distraction in der Symphyse auf das Kiefergelenk vor. Histologisch konnten im Tierversuch geringe Veränderungen in den Schichten des Gelenkkopfes festgestellt werden, die in Ihrem Ausmaß mit den auf die Kondylen wirkenden Rotationskräften korrelierten (Harper et al. 1997). Dabei konnten keine Erosionen an der Oberfläche festgestellt werden. Die Ergebnisse der Studie von Braun et al. 2002 zeigen, dass sich das Kiefergelenk der festgestellten lateralen Verlagerung anpasst. Sie begründen dies mit der Starrheit des Gerätes sowie der beteiligten Gewebe, die eine Verbiegung der Mandibula nicht ermöglichen. Dabei kam es zu keinen Beschwerden, wobei bereits vor Therapie bestehende Beschwerden nicht wieder auftraten. Mehrere Autoren legen nahe, dass die jeweilige fraktionierte Distraktionsstrecke eine entscheidendere Rolle spiele als die gesamte Distraktionsstrecke (Harper et al. 1997).

Bei dem Patienten, bei dem als Einzigem resistente Kiefergelenksprobleme auftraten, erfolgte die Distraction allein in der kieferorthopädischen Praxis ohne Information über Rhythmus und tägliche Umdrehungszahl.

Bei zwei Patienten traten vorübergehende Beschwerden auf. Diese Beobachtungen finden sich auch in der Literatur wieder; das Auftreten kranio-mandibulärer Dysfunktionen in der Retentionsphase begründete Guerrero 1997 durch okklusale Instabilität.

Bei bestehenden Beschwerden wurde bisher nicht über Verschlimmerungen berichtet und erstmalige Myoarthropathien waren stets nur vorübergehend (Kewitt et al. 1999/ Dez.; Weil et al. 1997).

Tomat et al. berichten, dass sie in ihrer Studie weder klinisch noch mit ausgiebigen bildgebenden Verfahren kranio-mandibuläre pathologische Veränderungen feststellen konnten (Tomat et al. 1999/ Jun.).

Selbstverständlich ist dafür Sorge zu tragen, dass bei den operativen Eingriffen keine Schäden an den Zähnen entstehen. Durch Beachtung der beschriebenen Vorgehensweise und Kontraindikationen (vergleiche 4.2 und 4.4) sollte dies zu vermeiden sein. Das Verfahren ist jedoch eine anspruchsvolle Operation, weshalb die hier untersuchten Patienten nur von Fachärzten operiert wurden.

Bei der Osteotomie ist darauf zu achten, dass keine Wurzel bloßgelegt wird und beide Seiten Knochen aufweisen (Guerrero 1997). Diese Aussage ergibt sich bereits aus der Definition der Distractionosteogenese. Fehlt auf einer Seite Knochen, dann ist eine Kallusbildung nicht möglich. Bei einem Patienten kam es durch Verletzung der Wurzeln zu einem vertikalen Knocheneinbruch und somit fehlender knöcherner Konsolidierung. Bei einem weiteren Patienten

kam es zur Fraktur von zwei Zahnwurzeln. Die Beschädigung der Wurzeln erfolgte mutmaßlich durch die operative Intervention. Möglicherweise war die Krafteinwirkung des Meißels bei der Separation der Mandibulahälften zu hoch. Wie bereits ausführlich auf Seite 44 erwähnt, findet sich in der Literatur der Vorschlag, einem Platzdefizit zwischen den mittleren Inzisivi mit einer präoperativen orthodontischen Behandlung entgegenzuwirken, um so die Osteotomie ungefährdet durchführen zu können (Conley, Legan 2003). Berichte über Schäden an Zähnen in Einzelfällen (Mommaerts 2005; Kewitt, Van Sickels 1999/Dez.) finden mehrfach Erwähnung.

Die Beseitigung von Parodontopathien sowie die Herstellung einer guten Mundhygiene ist Teil der zahnärztlichen Vorbehandlung. Kewitt und Van Sickels veröffentlichten im Dezember 1999 eine retrospektive Studie, die unter anderem speziell die parodontalen Veränderungen nach Unterkiefersymphysendistraktion untersuchte. In dieser heben sie hervor, dass sie weder Gingivarezessionen noch einen Verlust des Parodontiums hätten verzeichnen können. Die gleiche Aussage traf Weil 1997.

Wie in Abbildung 2.2.11 erkennbar, kann bei Abschluss der Behandlung durch den Verlust der Interdentalpapille zwischen den zentralen Inzisivi eine schwarze trianguläre Zone vorliegen. Hierbei handelt es sich um eine Problematik, die bei der Therapieentscheidung berücksichtigt werden sollte.

Für sagittale Frontzahnbewegungen im Bereich der Symphyse muss ein Gleichgewicht von desmontaler Resorption und periostaler Knochenapposition herrschen ansonsten besteht nach Diedrich 2002 die Gefahr von Gingivarezessionen. Vor Beginn jeder orthodontischen Bewegung muss eine sorgfältige differentialtherapeutische Einschätzung erfolgen, die das Risiko der parodontalen Rezessionen und Knochendehiszenzen abwägt (Fuhrmann 2000). Diese Risiken sind allgemeine Risiken der kieferorthopädischen Behandlung und Aufgabe des Kieferorthopäden unabhängig von der Durchführung einer Distraktion.

Mommaerts hält ein Rezidiv für wenig wahrscheinlich, da die Schneidezähne im Bereich der skelettalen Basis verblieben und die funktionelle Integrität positiv gefördert werde (Mommaerts 2004). Denn im Unterschied zur Distraktion mittels eines dental befestigten Distraktors führt die Anwendung eines knochengetragenen Distraktors zur proportionalen Weitung der Mandibula (Bell 1999). Die skelettale Basis erfährt eine Verbreiterung, wodurch auch ein apikaler Engstand beseitigt werden kann.

## **4.6 Diskussion der Ergebnisse**

Der erwachsene oder jugendliche Patient kommt in der Regel freiwillig mit einem Beweggrund zum Kieferorthopäden. In allen Fällen lag diesem Motiv die Dysgnathie zugrunde. Die Probleme, die für die Patienten von dieser Diagnose her resultierten, waren verschiedener Natur. Die mediane Unterkieferdistraktion wurde dem Patienten als Teil eines kieferorthopädischen Gesamtbehandlungskonzeptes vorgeschlagen. Dabei muss berücksichtigt werden, dass der Patient diese als Teil der Gesamtbehandlung annimmt.

Bei der Befragung der Patienten wurde Ästhetik als häufigste Motivation angegeben. Die Ästhetik und ihre psychosozialen Implikationen gelten als Hauptmotiv, eine kieferorthopädische Behandlung zu beginnen (Sergl, Zentner 2000). Dies entspricht auch den Angaben von Bauer und Diedrich, die als häufigstes Motiv die dentofaziale Ästhetik und den Zahnerhalt fanden (Bauer, Diedrich 1990). Dagegen spielen Funktionseinbußen nur eine untergeordnete Rolle, da die langsam entstehende Anomalie bei gleichzeitiger Kompensation des Kausystems und Gewöhnung an die Situation nicht bewusst wahrgenommen wird (Sergl, Zentner 2000).

Aufgrund der Patientenzahl (n=15), von insgesamt 19 operierten Fällen, können nur eingeschränkt Schlussfolgerungen gezogen werden. Die Mehrheit der Patienten (87%), die sich bereit erklärten an der Befragung teilzunehmen, war mit dem Ergebnis zufrieden. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass das Gesamtergebnis nicht nur die Unterkieferdistraktion sondern auch gegebenenfalls zusätzliche Operationen sowie die kieferorthopädische Nachbehandlung mit einbezieht, weil die Behandlung auch mit dieser endet. Die Ergebnisse zur Einschränkung der Lebensqualität zeigen mehrere Aspekte auf, die vor Beginn der Behandlung in die Aufklärung des Patienten miteinbezogen werden müssen. Dabei handelt es sich um die erschwerte Nahrungsaufnahme durch die reduzierte Kaufunktion und auch die entstehende Lücke in der Unterkieferfront. Da sich der Patient beispielsweise in Berufen mit direktem Kundenkontakt unwohl fühlen kann, ist bei der Durchführung der Anamnese die Berücksichtigung des Berufes unerlässlich. Um die Ästhetik während der Distraktion zu verbessern, empfiehlt es sich ein Provisorium in die Lücke zu setzen (Guerrero 2000; Contasti 2001). Eine gestörte Phonetik beklagten drei Patienten. Dabei ist die vestibuläre Positionierung des Distraktors sicherlich als positiv gegenüber lingual befestigten Distraktoren einzustufen. Guerrero 1997 betont, dass ein lingual positionierter Distraktor eine schlechtere Toleranz zeige, da der Komfort für die Zunge und die orale Hygiene erschwert sei.

Bei der Beurteilung der Belastung durch Schmerzen war das Ergebnis sehr geteilt, dabei ist die Schmerzempfindung typischerweise subjektiv. Es muss berücksichtigt werden, dass täglich

maximal eine Distraction von 0,5mm umgesetzt wurde, teilweise weniger. In einer multizentrischen Studie mit verschiedenen Distractionen im Unterkiefer berichteten über 75% der Patienten über Schmerzen, allerdings verschiedenen Ausmaßes (Primrose et al. 2005). In einer Befragung erwachsener Patienten zur kieferorthopädischen Behandlung gaben diese zu 90% eine Beeinträchtigung ihres Allgemeinbefindens an, dabei standen mit über 60% Schmerzen im Vordergrund (Bauer, Diedrich 1990). Fast 50% der Befragten fühlten sich psychisch beeinträchtigt. Einige Patienten hoben hervor, dass die Motivation durch Kieferorthopäden oder enge Angehörige geholfen habe, die Behandlung durchzuhalten. Andere wünschten sich eine bessere Betreuung und Aufklärung. Insgesamt muss berücksichtigt werden, dass bei 18 der 19 Patienten der vorliegenden Studie eine zusätzliche Operation durchgeführt wurde, davon bei 17 simultan eine chirurgische Gaumennahterweiterung. Daher muss davon ausgegangen werden, dass die empfundene Beeinträchtigung der Lebensqualität durch die zusätzliche Belastung erhöht wurde und diese nicht immer eindeutig der Unterkieferdistraction zugeordnet werden kann. Die subjektive Einschätzung durch die Kieferorthopäden zeigte ein recht einheitliches Ergebnis. Bei der großen Mehrheit der Patienten (83%) würde in einem vergleichbaren Fall dieselbe Therapie wieder gewählt werden. Im Fall des Patienten mit vertikalem Knocheneinbruch würde der behandelnde Kieferorthopäde infolge der vorgefallenen Komplikation die Distraction der Unterkieferfront nicht anwenden, ebenso wie bei einem Fall, bei dem die Therapielücke im Unterkiefer, die beabsichtigt war, nicht genügend Knochen bot, um ein geplantes Implantat zu setzen. Die Lücke konnte durch eine Brücke geschlossen werden. In einem dritten Fall hatte ein Kieferorthopäde die Compliance des Patienten falsch eingeschätzt.

Als Konsequenz aus den Befragungen kann gezogen werden, dass die Patienten besser über die zu erwartende Behandlung aufgeklärt werden sollten, eine gute Kooperation zwischen Patient und Behandler erfolgen muss und die Indikation einer strengen Prüfung bedarf.

Die Daten der Modellanalyse zeigen ein uneinheitliches Ergebnis. Bei den Werten muss die Kippung der Zähne mitberücksichtigt werden. Bei einer breiteren apikalen Basis, die das Ziel war, können die Zähne während der Behandlung nach oral gekippt werden. Somit verringert sich die Strecke, auch wenn die apikale Basis eventuell breiter ist. Es kann daher keine Aussage darüber getroffen werden, wie viel basal distrahiert wurde. Auf dentaler Ebene ist die erzielte Dehnung posterior größer als anterior. Dies begründen Weil et al. 1997 damit, dass die Frontzähne in die gewonnene Lücke einrücken. Daher ist auch zu erklären, dass der interkanine Wert sich vom Zwischenmodell zum Endmodell verringert hat. Der durch die Distraction gewonnene Platz wurde zur Ausformung des Zahnbogens genutzt. Einige Autoren vermuten,

dass Mastikation, Sprechfunktion und Muskelkräfte während der Distraction wirken und das Resultat beeinflussen können (Hendrickx 1999; Grayson, Santiago 1999).

In 18 der 19 operierten Fälle konnte autogener Knochen gewonnen werden, um einen Engstand bzw. eine Kompression aufzulösen oder zu verringern. In einem Fall hat sich durch die Verletzung der Wurzeln intraoperativ kranial kein neuer Knochen gebildet. Dadurch liegt bei Abschluss der Behandlung ein Attachmentverlust zwischen den mittleren Inzisivi vor. Weiterhin kam es in einem anderen Fall zur Fraktur von zwei Zähnen. Bei diesen beiden Patienten kann die Therapie nicht als erfolgreich gewertet werden. In 17 Fällen kann die Behandlung bei Betrachtung des Endergebnisses zumindest aus ärztlicher Sicht als Erfolg eingestuft werden.

Aus kieferorthopädischer Sicht wird unter einer erfolgreichen Behandlung verstanden, dass generell eine harmonische Form der Zahnbögen ohne gedrehte oder gekippte Zähne mit guter Achsenneigung, adäquaten Platzverhältnissen und annähernder Idealokklusion vorliegen. Weiterhin ist eine beschwerdefreie Funktion des stomatognathen Systems sowie eine gute dentofaziale Ästhetik bedeutend. Bezug nehmend auf diese Gesichtspunkte waren die Behandlungsergebnisse erfolgreich. Für die Gewinnung von autogenem Knochen in der Unterkiefersymphyse gibt es derzeit keine Alternative.

Als wichtiges Kriterium wird die Langzeitstabilität eines erreichten Behandlungsergebnisses angesehen (Berg, Katsaros 2000). Über die Langzeitstabilität kann an dieser Stelle keine Aussage getroffen werden. Alle Patienten erhielten einen Langzeitretainer, um ein Rezidiv zu vermeiden.

#### **4.7 Ausblick**

Um aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten, sollte eine prospektive Studie mit höherer Fallzahl durchgeführt werden. Da die klinische Anwendung noch nicht sehr weit verbreitet ist, wäre eine multizentrische Studie sinnvoll um mehr Patientenfälle einbeziehen zu können. Als eine Schwierigkeit in der Umsetzung der Technik hat sich erwiesen, dass die Zähne beschädigt werden können. Es bleibt Ziel der Operationstechnik die Zähne zu schonen.

Um feststellen zu können, wie weit der Distraktor die Zähne wirklich auseinander bewegt hat, müssten beispielsweise Abdrücke direkt nach Ende der Distraction genommen werden. Allerdings ist dies für den Patienten sehr schmerzhaft und somit ethisch bedenklich. Alternativ könnte der interkanine Abstand direkt im Mund mit einer Schiebelehre vermessen werden.

Hinsichtlich des Distraktors als Apparatur bleibt abzuwarten, ob hydraulische Distraktoren praxistauglich werden. Für den Komfort des Patienten wäre die Entwicklung eines grazileren Gerätes von Vorteil.

Eine Aussage zur Langzeitstabilität könnte bei Weiterverfolgung der Patientenfälle getroffen werden.

## 5 Zusammenfassung

Die Distractionsosteogenese ist eine Methode zur Gewinnung von autogenem Knochen. In die vorliegende Arbeit wurden alle 19 Patientenfälle miteinbezogen, bei denen im Universitätsklinikum Benjamin Franklin seit dem Jahr 2000 bis einschließlich 2006 eine Symphysendistraction im Unterkiefer durchgeführt worden war. Diese wird angewendet, um einen Engstand in der Unterkieferfront oder ein transversales Defizit des Unterkiefers zu beseitigen. Dabei wird autogener Knochen und Weichgewebe generiert, wodurch Platz entsteht, den der Kieferorthopäde nutzt, um die Zähne in die Lücke hineinzubewegen und einen harmonischen Zahnbogen herzustellen.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, den Verlauf und die klinischen Ergebnisse darzustellen und herauszuarbeiten, ob die Distractionsosteogenese bei richtiger Indikation als ein Erfolg betrachtet werden kann.

Die Patienten, die eine unauffällige Anamnese aufwiesen, befanden sich zwischen dem 17. und 48. Lebensjahr. Verwendet wurde ein knochengetragener Distraktor, der in allen Fällen in Allgemeinanästhesie appliziert wurde. Nach Osteotomie in der Unterkiefersymphyse medial oder paramedial wurde die Apparatur mittels Mikroschrauben an der Mandibula befestigt und der Lappen so verschlossen, dass die Aktivierungsschraube epigingival auflag. Durch fraktioniertes Drehen der Schraube wurde der Distraktor auseinander bewegt und somit die Knochensegmente sowie das umliegende Gewebe gedehnt. Nach Erreichen der gewünschten Strecke diente die Retentionszeit der knöchernen Konsolidierung des Distractionskallus.

Nach durchschnittlich 140 Tagen wurde der Distraktor wieder entfernt. Intraoperativ zeigte sich neuer Knochen. Auf den Panoramaschichtaufnahmen stellte sich die Verknöcherung des ehemaligen Distractionsspalt dar, der röntgenologisch spätestens nach einem Jahr keinen Unterschied zum umliegenden Knochen aufwies. In 17 Fällen wurde der Engstand aufgelöst. In 18 Fällen wurden simultan chirurgische Gaumennahtweiterungen und in sieben dieser Fälle im weiteren Behandlungsverlauf Vorverlagerungen des Unterkiefers durchgeführt.

Bei zwei Patienten wurden die Zähne intraoperativ verletzt. Bei einem Patienten traten Wundheilungsstörungen auf.

Die Distraction der Unterkiefersymphyse führt unter sorgfältiger Beachtung der operativen Vorgehensweise zur Knochenneubildung und Weitung der Mandibula, die genutzt werden kann, um einen Zahnengstand zu beseitigen.

## 6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1.1: „Bergerdistraktor“ .....	7
Abbildung 2.1.2: „Symphysendistraktor“ .....	7
Abbildung 2.2.1: Orthopantomogramm; präoperativer Zustand .....	9
Abbildung 2.2.2: Orthopantomogramm; unmittelbar postoperativer Zustand .....	9
Abbildung 2.2.3: Orthopantomogramm; Zustand nach Ende der Retentionszeit .....	10
Abbildung 2.2.4: Orthopantomogramm; Zustand nach Entfernung des Distraktors .....	11
Abbildung 2.2.5: Orthopantomogramm; Kontrollbild 1 Jahr nach Einsetzen des Distraktors.....	11
Abbildung 2.2.6: Unterkiefer; Ausgangszustand .....	12
Abbildung 2.2.7: Ausgangszustand von frontal.....	12
Abbildung 2.2.8: Unterkiefer; ein Monat nach Ende der Distraction .....	13
Abbildung 2.2.9: Zustand ein Monat nach Ende der Distraction .....	14
Abbildung 2.2.10: Unterkiefer; nach Abschluss der Behandlung.....	15
Abbildung 2.2.11: nach Abschluss der Behandlung .....	16
Abbildung 2.2.12: Foto im Profil links vor Beginn der Behandlung .....	17
Abbildung 2.2.13: Foto im Profil links nach Abschluss der Behandlung .....	17
Abbildung 2.4.1: schematische Darstellung des Behandlungsablaufes .....	18
Abbildung 2.4.2: Markierung der Inzisionslinie .....	20
Abbildung 2.4.3: Positionierung des Distraktors vor Osteotomie .....	21
Abbildung 2.4.4: vorläufige Fixierung des Distraktors .....	22
Abbildung 2.4.5: Mobilisierung der Mandibulahälften.....	23
Abbildung 2.4.6: Distraktor in situ.....	24
Abbildung 2.4.7: Ablauf der Distraction.....	24
Abbildung 3.1.1: Anzahl der operierten Fälle nach Altersgruppen .....	28
Abbildung 3.1.2: Geschlechter der Patienten .....	29
Abbildung 3.1.3: Anteil der Patienten mit kieferorthopädischer Behandlung vor Distraktorapplikation.....	29

Abbildung 3.2.1: Länge der unterschiedlichen Phasen bei jedem einzelnen Patienten .....	31
Abbildung 3.2.2: Distrahierte Strecke pro Patient .....	32
Abbildung 3.3.1: zusätzliche Operationen.....	33
Abbildung 3.5.1: Orthopantomogramm; präoperativer Zustand .....	35
Abbildung 3.5.2: Orthopantomogramm; Zustand unmittelbar postoperativ .....	35
Abbildung 3.5.3: Orthopantomogramm; Zustand nach Ende der Retentionsphase.....	36
Abbildung 3.5.4: Orthopantomogramm; unmittelbar nach Entfernung des Distraktors .....	36
Abbildung 3.5.5: Orthopantomogramm; Kontrollaufnahme ein Jahr nach Distraktorinsertion...	37
Abbildung 3.5.6: Intraorales Foto, Regio 33 bis 43; nach 15 Monaten .....	37
Abbildung 3.5.7: Einzelbildröntgenaufnahme Regio 32 bis 42; nach 20 Monaten .....	37
Abbildung 3.7.1: Motivation zur Behandlung .....	40
Abbildung 3.7.2: Beeinträchtigung der Lebensqualität während der Distraction .....	40

## 7 Literaturverzeichnis

- Alkan A, Arici S, Sato S: Bite force and occlusal contact area changes following mandibular widening using distraction osteogenesis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod.* 2006 Apr;101(4):432-6. Epub 19.Jan 2006
- Aro H: Biomechanics of Distraction. In: Joseph McCarthy, *Distraction of the Craniofacial Skeleton*, Springer-Verlag New York 1999;20-50
- Aronson J: Experimental and clinical experience with distraction osteogenesis. *Cleft Palate Craniofac J.* 1994 Nov;31(6):473-81
- Aronson J: Principles of Distraction Osteogenesis. *Distraction of the Craniofacial Skeleton*, Joseph McCarthy, Springer-Verlag New York 1999; 51-64
- Aronson J, Harrison B, Boyd CM, Cannon DJ, Lubansky HJ: Mechanical induction of osteogenesis: the importance of pin rigidity. *J Pediatr Orthop.* 1988 Jul-Aug;8(4):396-401
- Bail HJ: Die Anwendung von rekombinantem homologen Wachstumshormon bei der Distractionsosteogenese; Radiologische, Histomorphometrische, biomechanische und serologische Untersuchungen am Minischwein. Habilitationsschrift zur Erlangung der venia legendi für das Fach Unfallchirurgie; vorgelegt dem Fakultätsrat der Hohen Medizinischen Fakultät der Humboldt-Universität zu Berlin
- Bauer W, Diedrich P: Motivation und Erfolgsbeurteilung erwachsener Patienten zur kieferorthopädischen Behandlung - Interpretation einer Befragung. *Fortschr Kieferorthop.* 1990 Jun; 51(3): 180-188
- Bell WH, Gonzalez M, Samchukov ML, Guerrero CA: Intraoral widening and lengthening of the mandible in baboons by distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999 May;57(5):548-62; discussion 563
- Bell WH, Harper RP, Gonzalez M, Cherkashin AM, Samchukov ML: Distraction osteogenesis to widen the mandible. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Feb;35(1):11-9
- Berg R: Post-retention analysis of treatment problems and failures in 264 consecutively treated cases. *Eur J Orthod.* 1979;1(1):55-68
- Berg R, Katsaros C: Therapeutische Grenzen in der Kieferorthopädie. In: *Praxis der Zahnheilkunde Band 11*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2000;14-16
- Bernstein S, Cooke J, Fotek P, Wang HL: Vertical bone augmentation: where are we now? *Implant Dent.* 2006 Sep;15(3):219-28
- Bertele G, Mercanti M, Stella F, Albanese M, De Santis D: Osteodistraction in the craniofacial region. *Minerva Stomatol.* 2005 Apr;54(4):179-98
- Bishara SE, Cummins DM, Jakobsen JR, Zaher AR: Dentofacial and soft tissue changes in Class II, division 1 cases treated with and without extractions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 Jan;107(1):28-37
- Bishara SE, Cummins DM, Zaher AR: Treatment and posttreatment changes in patients with Class II, Division 1 malocclusion after extraction and nonextraction treatment. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997 Jan;111(1):18-27
- Bishara SE, Chadha JM, Potter RB: Stability of intercanine width, overbite and overjet correction. *Am J Orthod.* 1973; 63:588-95

- Block MS, Akin R, Chang A, Gottsegen GB, Gardiner D: Skeletal and dental movements after anterior maxillary advancement using implant-supported distraction osteogenesis in dogs. *J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Dec;55(12):1433-9
- Braun S, Bottrel JA, Legan HL: Condylar displacement related to mandibular symphyseal distraction. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2002 Feb;121(2):162-5
- Breece GL, Nieberg LG: Motivations for adult orthodontic treatment. *J Clin Orthod.* 1986 Mar;20(3):166-71
- Codivilla A: On the means of lengthening, in the lower limbs, the muscles and tissues which are shortened through deformity. 1904, *Clin Orthop Relat Res.* 1994 Apr;(301):4-9
- Conley R, Legan H: Mandibular symphyseal distraction osteogenesis: diagnosis and treatment planning considerations. *Angle Orthod.* 2003 Feb;73(1):3-11
- Contasti G, Guerrero C, Rodriguez AM, Legan HL: Mandibular widening by distraction osteogenesis. *J Clin Orthod.* 2001 Mar;35(3):165-73
- Cope JB, Samchukov ML, Cherkashin AM: Mandibular distraction osteogenesis: a historic perspective and future directions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999 Apr;115(4):448-60
- Damon DH: Fälle mit frontalem Engstand – Die am Gesicht orientierte Therapieplanung nutzt adaptive Vorgänge. *Inf Orthod Kieferorthop* 2003; 35:27-43
- Davidovitch M, McInnis D, Lindauer SJ: The effects of lip bumper therapy in the mixed dentition. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1997; 11(1):52-8
- Diedrich P: Kieferorthopädische Behandlung Erwachsener. In: *Praxis der Zahnheilkunde Band 12*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2002; 181-182
- Dorfman HS, Turvey TA: Alterations in osseous crestal height following interdental osteotomies. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol.* 1979 Aug;48(2):120-5
- Droboccky OB, Smith RJ: Changes in facial profile during orthodontic treatment with extraction of four first premolars. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1989; 95:220-30
- Edwards JG: The prevention of relapse in extraction cases. *Am J Orthod.* 1971; 60:128-44
- Fairley JD, Muhlbauer W, Anderl H: Distraction of the Midface and the Zygoma: Clinical Studies. In: Joseph McCarthy, *Distraction of the Craniofacial Skeleton*, Springer-Verlag New York 1999; 337-348
- Fillion D: Vor- und Nachteile der approximalen Schmelzreduktion. Teil II. *Inf Orthod Kieferorthop* 1995; 27:64-90
- Fränkel R: Decrowding during eruption under the screening influence of vestibular shields. *Am J Orthod.* 1974; 65:372-406
- Fuhrmann RAW: Nebenwirkungen und Risiken der kieferorthopädischen Behandlung. In: *Praxis der Zahnheilkunde Band 11*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2000; 79-80
- Glat PM, McCarthy JG: Distraction of the Midface and the Zygoma: Experimental Studies. In: Joseph McCarthy, *Distraction of the Craniofacial Skeleton*, Springer-Verlag New York 1999; 295-307
- Göz G: Zahnextraktion im Rahmen der Kieferorthopädie. In: *Praxis der Zahnheilkunde Band 12*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2002; 1-18

- Grayson BH, Santiago PE: Treatment planning and biomechanics of distraction osteogenesis from an orthodontic perspective. *Semin Orthod.* 1999 Mar;5(1):9-24
- Guerrero CA, Bell WH, Contasti GI, Rodriguez, AM: Mandibular widening by intaroral distraction osteogenesis. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1997; 35:383-92
- Guerrero CA, Bell WH, Gonzalez M, Leeloy SM: Intraoral Distraction osteogenesis,. In: Fonseca RJ, Betts NJ, Turvey TA, *Oral and Maxillofacial Surgery Bd. 2*, Saunders Philadelphia 2000; 359-402
- Harper RP, Bell WH, Hinton RJ, Browne R, Cherkashin AM, Samchukov ML: Reactive changes in the temporomandibular joint after mandibular midline osteodistraction. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 1997 Feb;35(1):20-5.
- Hellwig E, Klimek J, Attin Th: In: *Einführung in die Zahnerhaltung*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2003; 16:365
- Hime DL, Owen A: The stability of the arch expansion effects of Fränkel appliance therapy. *Am J Orthod.* 1990; 98:437
- Hendrickx K, Mommaerts MY, Jacobs W, Abeloos JV, Neyt LF, De Clercq CA: Proximal segment position after distraction with the MD-DOS device. *J Craniomaxillofac Surg.* 1999 Dec;27(6):383-6
- Hoffmeister B: Die Chirurgie der Dysgnathien. In: *Praxis der Zahnheilkunde, Band 10 Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie*, Elsevier Urban&Fischer Verlag München, Jena 2007; 554-609
- Hollis BJ, Block MS, Gardiner D, Chang A: An experimental study of mandibular arch widening in the dog using distraction osteogenesis. *J Oral Maxillofac Surg.* 1998; 56:330
- Howe RP, McNamara JA, O'Connor KA: An examination of dental crowding and its relationship to tooth size and arch dimension. *Am J Orthod.* 1983; 83:363
- Ilizarov GA: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues. Part I. The influence of stability of fixation and soft-tissue preservation. *Clin Orthop Relat Res.* 1989 Jan; 238:249-81
- Ilizarov GA: The tension-stress effect on the genesis and growth of tissues: Part II. The influence of the rate and frequency of distraction. *Clin Orthop Relat Res.* 1989 Feb; 239:263-85
- Katsaros C, Ripplinger B, Högel A, Berg R: The influence of extraction versus non-extraction orthodontic treatment on the soft tissue profile. *J Orofac Orthop.* 1996 Dec;57(6):354-65
- Kahl-Nieke B, Fischbach H, Schwarze CW: Treatment and postretention changes in dental arch width dimensions — a long-term evaluation of influencing cofactors. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1996 Apr;109(4):368-78
- Kahl-Nieke B: *Einführung in die Kieferorthopädie* Urban&Fischer Verlag München, Jena 2001; 268
- Kessler P, Wiltfang J, Schön R: Osteodistraction. In: PA Reichart, JE Hausamen, R Schmelzeisen, FW Neukam, H Schliephake. *Curriculum Zahnärztliche Chirurgie 3. Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Quintessenz* 2002; 247-271
- Kessler P, Neukam FW, Wiltfang J: Effects of distraction forces and frequency of distraction on bony regeneration. *Br J Oral Maxillofac Surg.* 2005 Oct; 43(5):392-8

- Kewitt GF, Van Sickels JE: Distraction Osteogenesis of the Mandibular Symphysis. In: Joseph McCarthy, Distraction of the Craniofacial Skeleton, Springer-Verlag New York 1999; 305-312
- Kewitt GF, Van Sickels JE: Long-term effect of mandibular midline distraction osteogenesis on the status of the temporomandibular joint, teeth, periodontal structures, and neurosensory function. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999 Dec;57(12):1419-25; discussion 1426
- King JW, Wallace JC, Scanlan D: A new appliance for mandibular widening by distraction osteogenesis. *J Clin Orthod.* 2001 Nov;35(11):666-72
- Kojimoto H, Yasui N, Goto T, Matsuda S, Shimomura Y: Bone lengthening in rabbits by callous distraction. The role of periosteum and endosteum, *J Bone Joint Surg (Br).* 1988;70:543-9
- Komuro Y, Takato T, Harii K, Yonemara Y: The histologic analysis of distraction osteogenesis of the mandible in rabbits. *Plast Reconst Surg.* 1994; 94:152-9
- Ley M; Müller-Hartwich R; Jost-Brinkmann P-G: Approximale Schmelzreduktion - wann und wie? *ZWR* 2005 114(10); 471-474
- Little RM, Wallen TR, Riedel RA: Stability and relapse of mandibular anterior alignment - first premolar extraction cases treated by edgewise orthodontics. *Am J Orthod.* 1981; 80:349-65
- Little RM: Stability and relapse of dental arch alignment. *Br J Orthod.* 1990 Aug;17(3):235-41. Review
- MacGregor FC: Social and psychological implications of dentofacial disfigurement. *Angle Orthod.* 1970 Jul;(3):231-3
- McCarthy JG, Schreiber J, Karp N, Thorne CH, Grayson BH: Lengthening the human mandible by gradual distraction. *Plast Reconstruct Surg.* 1992;89:1-8
- McDougall PD, McNamara JA, Dierkes JM: Arch width development in Class II patients treated with the Fränkel appliance. *Am J Orthod* 1982; 82:10-22
- McNamara JA: Dentofacial adaptations in adult patients following functional regulator therapy. *Am J Orthod* 1984;85:57-71
- Michieli S, Miotti B: Lengthening of mandibular body by gradual surgical-orthodontic distraction. *J Oral Surg.* 1977 Mar;35(3):187-92
- Miethke R-R: Therapie der Klasse II/1. In: *Praxis der Zahnheilkunde Band 11*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2000; 300-312
- Mommaerts MY, Ali N, Correia P: The concept of bimaxillary transverse osteodistraction: a paradigm shift? *Mund Kiefer Gesichtschir.* 2004 Jul;8(4):211-6. Epub 2004 May 11
- Mommaerts MY, Polsbroek R, Santler G, Correia PE, Abeloos JV, Ali N: Anterior transmandibular osteodistraction: clinical and model observations. *J Craniomaxillofac Surg.* 2005 Oct;33(5):318-25
- Nevant C, Buschang Ph, Alexander RG, Steffen JM: Lip bumper therapy for gaining arch length, *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991;100:330-6
- Oliver BM: The influence of lip thickness and strain on lip response to incisor retraction, *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1982;82:141-9
- Osborn WS, Nanda RS, Currier GF: Mandibular arch perimeter changes with lip bumper treatment, *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 1991;99:527-532

- Paley D: Current techniques of limb lengthening. *J Pediatr Orthop*. 1988 Jan-Feb;8(1):73-92. Review.
- Primrose AC, Broadfoot E, Diner PA, Molina F, Moos KF, Ayoub AF: Patients' responses to distraction osteogenesis: a multi-centre study. *Int J Oral Maxillofac Surg*. 2005 May;34(3):238-42
- Rhee ST, Buchman SR: Pediatric mandibular distraction osteogenesis: the present and the future. *J Craniofac Surg*. 2003 Sep;14(5):803-8
- Richter F: Combined orthodontic and surgical approach to dentofacial abnormalities-coordination of orthodontic and orthognathic therapy. *Prakt Kieferorthop*. 1991 Nov; 5(4):271-84.
- Riedel RA, Little RM, Bui TD: Mandibular incisor extraction--postretention evaluation of stability and relapse. *Angle Orthod*. 1992 Summer;62(2):103-16
- Sergl H G, Zentner A: Eugnathie und Dysnathie, In: *Praxis der Zahnheilkunde Band 11*, Urban&Fischer Verlag München, Jena 2000; 4-9
- Snyder CC, Levine GA, Swanson HM, Browne EZ Jr.: Mandibular lengthening by gradual distraction. Preliminary report. *Plast Reconstr Surg*. 1973 May;51(5):506-8
- Subtelny JD: A longitudinal study of soft tissue facial structures and their profile characteristics, defined in relation to underlying skeletal structures. *Am J Orthod* 1959;45:481
- Tomat C, Diner PA, Coquille F, Sergent B, Vazquez MP: Mandibular Symphyseal Widening by Distraction. In: Joseph McCarthy, *Distraction of the Craniofacial Skeleton*, Springer-Verlag New York 1999; 256-262
- Tomat C, Diner PA, Pharaboz C, Coquille F, Hoffmeister B, Vazquez MP: TMJ consequences after symphysis distraction. In: *2nd International Congress on Cranial and Facial Bone Distraction Processes*; Paris 1999 Jun.
- Weil TS, Van Sickels JE, Payne CJ: Distraction osteogenesis for correction of transverse mandibular deficiency: a preliminary report. *J Oral Maxillofac Surg*. 1997 Sep;55(9):953-60
- Wong PM, Freer TJ: A comprehensive survey of retention procedures in Australia and New Zealand. *Aust Orthod J*. 2004 Nov;20(2):99-106

## 8 Lebenslauf

---

„Mein Lebenslauf wird aus Datenschutzgründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht mit veröffentlicht.“

## 9 Danksagung

Besonders möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Dr. Bodo Hoffmeister für die Bereitstellung des Themas sowie die immer freundliche, kompetente und ermutigende Betreuung bedanken!

Weiterhin gilt mein Dank den kooperierenden Kieferorthopäden und von diesen insbesondere Frau Dr. Annette Wiemann, Herrn Dr. Martin Duncker, Herrn Dr. Markus Zellmann und Frau Dr. Monika Palmer für die Unterstützung bei der Arbeit in den Praxen.

Für die exzellente Kommunikation möchte ich Frau Martina Schink vom Sekretariat der Klinik für Kieferchirurgie und Plastische Gesichtschirurgie einen herzlichen Dank aussprechen.

Schließlich danke ich meinen Eltern und meinem Freund Lars Weißflog für die stetige Unterstützung und Motivation.

## Erklärung

„Ich, Alice Stephan, erkläre, dass ich die vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema:  
„Distractionsosteogenese in der Unterkiefersymphyse“  
selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt,  
ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer  
Arbeiten dargestellt habe.“

Datum

Alice Stephan